

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR**



**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**MAESTRÍA EN REDES DE COMUNICACIÓN**

**INFORME FINAL CASO DE ESTUDIO PARA UNIDAD DE TITULACIÓN ESPECIAL**

**PREVIO LA OBTENCION DEL TÍTULO DE:**

**MASTER EN REDES DE COMUNICACIÓN**

**TEMA:**

**“IMPACTO EN LA CALIDAD DEL SERVICIO GSM/UMTS AL MEJORAR LA REFERENCIA DE  
SINCRONISMO EN REDES DE TRANSPORTE SDH EN ECUADOR CONTINENTAL”**

**RAUL IVAN GARCIA PAREDES**

**Quito - 2016**

## Contenido

1. Introducción .....	4
2. Justificación .....	4
3. Antecedentes .....	5
4. Objetivos .....	5
4.1 Objetivo General .....	5
4.2 Objetivos Específicos.....	5
5. Desarrollo Caso de Estudio.....	6
5.1 Mediciones y Modificaciones.....	6
5.1.1 Situación anterior en red de transporte SDH.....	6
5.1.1.1 Definición de sitios para medición en ramal lejano .....	7
5.1.1.2 Medición de referencia de sincronismo.....	11
5.1.2 Situación actual en red de transporte SDH .....	19
5.1.2.1 Modificar referencia de sincronismo en ramal lejano. ....	19
5.1.2.2 Medición de referencia de sincronismo.....	21
5.1.3 Obtención de KPIs .....	27
5.2 Análisis.....	29
5.2.1 Impacto en la calidad del servicio GSM.....	29
5.2.2 Impacto en la calidad del servicio UMTS.....	38
5.2.3 Determinación del impacto en el servicio.....	45
6. Conclusiones y Recomendaciones .....	46
Bibliografía .....	48

<b>Anexos.....</b>	<b>49</b>
Anexo 1.....	49
SSU-2000.....	49
TP-2700.....	51
TP-1000.....	53
Analizador de Comunicaciones: JDSU MTS-8000 .....	55
Osciloscopio: Tektronix TDS 1012C-EDU .....	57
Anexo 2.....	60
ITU-T G.803 .....	60
ITU-T G.811 .....	68
ITU-T G.813 .....	71
ITU-T G.823 .....	74
TS 32.410 V12.0.0 .....	78
Anexo 3.....	81
Caso de Éxito (Sync Trial results) .....	81

## 1. Introducción

Para alcanzar puntos geográficamente distantes los operadores celulares utilizan tecnologías de transporte de alta capacidad. Cuando existen muchos saltos entre el origen y el destino, la información transmitida puede sufrir un deterioro considerable que perjudica la calidad de la comunicación perceptible por el abonado. [3]

La finalidad de este estudio es determinar las posibles acciones para minimizar los errores en las redes de transmisión SDH (utilizadas por los operadores), errores originados por un deterioro en la referencia de sincronismo que los equipos multiplexores utilizan y son ocasionados por un excesivo número saltos en el camino de transporte que comunica las controladoras (BSC/RNC) [11] con las estaciones (BTS/NodeB) [14] cuando se requiere alcanzar puntos geográficamente distantes en el territorio continental ecuatoriano.

Este trabajo presenta el análisis de cómo se ven impactados los indicadores de rendimiento (KPIs) en redes GSM y UMTS en poblaciones distantes a las ciudades principales, donde usualmente se concentran los equipos de Core en una red celular.

## 2. Justificación

Las redes GSM cuya penetración es la mayor en el territorio ecuatoriano brinda el servicio de comunicación celular más ampliamente utilizado por los usuarios; sin embargo, las redes UMTS ganan cobertura y relevancia paulatinamente.

El ente regulador constantemente realiza revisiones de los niveles de calidad en el servicio prestado y emite observaciones dirigidas a los operadores (en caso de encontrar escenarios donde no se cumple con el requerimiento mínimo), otorgando plazos para realizar las correcciones pertinentes. Adicionalmente solicita reportes periódicos sobre la calidad de sus relojes basados en los estándares internacionales [2]

Es conveniente para los operadores garantizar un nivel de servicio óptimo en todo el territorio nacional, tanto en las poblaciones con alta concentración de habitantes como en los puntos geográficamente distantes.

La realización de este trabajo es importante para evaluar la calidad de servicio GSM/UMTS en puntos geográficamente distantes, debido a que estos escenarios son muy susceptibles a deterioros producidos por las redes de transporte utilizadas.

Este análisis servirá de base para futuras investigaciones, donde se consideren tecnologías nuevas cuyos requerimientos de sincronismo son más complejos.

### 3. Antecedentes

Desde el punto de vista de un usuario móvil, la calidad de las comunicaciones por las que contrata el servicio a un operador debe ser óptima, sin importar en que sitio de la red de telecomunicaciones se encuentre el abonado, derecho consagrado en el Artículo 52 de la Constitución de la República del Ecuador (Ecuador, 2008). [4]

Desafortunadamente la experiencia del usuario no es la misma en las zonas más alejadas del territorio ecuatoriano, ya que dependiendo de la tecnología utilizada, las condiciones geográficas y el número de saltos en las redes de transporte los requerimientos de sincronismo varían. [6] [9] [10]

En otras operaciones existen escenarios similares donde no se cumple con los requerimientos de sincronismo mínimos en redes de transporte y es posible mejorar significativamente la calidad de los servicios GSM/UMTS prestados, observando su impacto en los indicadores estadísticos de rendimiento (3GPP, 2014). [5] [13]

Para mejorar la percepción del usuario en redes heterogéneas (como es el caso de Ecuador) la puesta a punto requiere inversión y análisis de escenarios específicos.

### 4. Objetivos

#### 4.1 Objetivo General

Analizar el impacto en la calidad del servicio GSM/UMTS comparando los indicadores estadísticos de rendimiento (KPIs) después de evaluar y mejorar la referencia de sincronismo en redes de transporte SDH, utilizando las recomendaciones y especificaciones aplicables, en un ramal lejano específico de un operador celular en el territorio continental ecuatoriano.

#### 4.2 Objetivos Específicos

1. En base a las recomendaciones ITU-T G.811, G.812 y G.813 y, a la especificación ETSI TS 132.410 verificar un escenario posible suficientemente alejado del Core Celular donde evaluar el impacto en los servicios de una red móvil dependiente de una red de transporte síncrona.
2. Realizar mediciones de la calidad de referencia de reloj con la que operan los equipos multiplexores SDH y radios de microonda SDH en un ramal lejano específico en la red de transporte de un operador celular en Ecuador Continental y obtener indicadores (KPIs) que permitan evaluar la calidad del servicio GSM/UMTS.
3. Modificar la referencia de sincronismo primaria a PRC trazable en el equipo multiplexor SDH distante, que proporciona señal de reloj a los equipos de radio.
4. Realizar un análisis estadístico del comportamiento de los KPIs en el servicio GSM/UMTS.

## 5. Desarrollo Caso de Estudio

### 5.1 Mediciones y Modificaciones

#### 5.1.1 Situación anterior en red de transporte SDH

Una red de telefonía móvil se encuentra compuesta por varios elementos que permitirán comunicación a los subscriptores, la mayoría de ellos se están concentrados en Cuartos de Datos ubicados en lugares estratégicos (usualmente las ciudades principales, mayormente pobladas) brindando ventajas a los operadores.

Los sitios distantes se interconectan por medio de redes de transporte, dichas redes pueden conformarse con soluciones de distintas tecnologías (lo que permitirá alcanzar zonas lejanas). En este caso particular se utiliza una red SDH que combina dos medios como son Fibra Óptica (en topología de anillo) y un ramal de radioenlaces. La figura 1 muestra un diagrama lógico básico de red móvil.

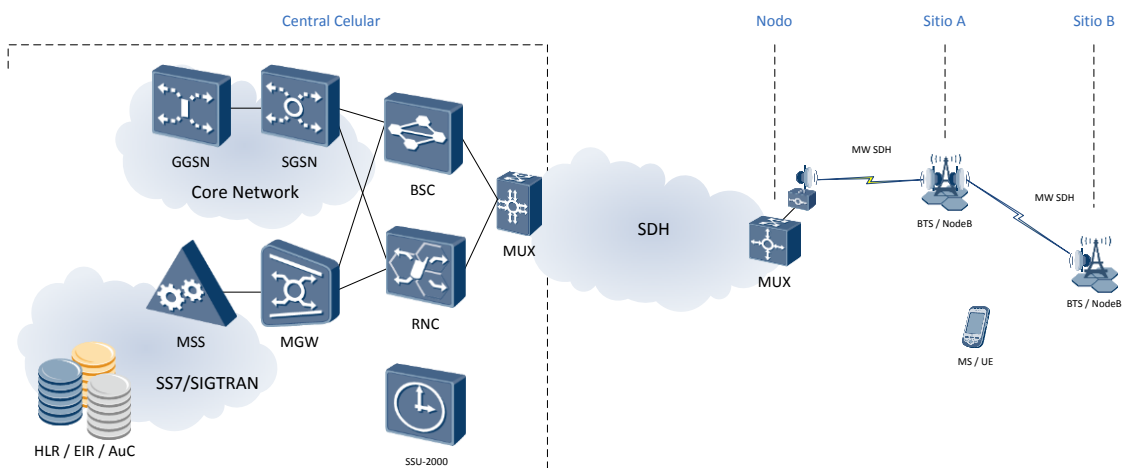


Fig. 1 Diagrama lógico de red móvil (muestra referencia de sincronismo) Fuente: propia

Una red de transporte basada en jerarquía digital síncrona SDH requiere una adecuada sincronización maestro - esclavo, donde cada nivel jerárquico esta sincronizado con referencia al nivel superior. [2] [16]

En la figura 2 se observa la distribución de sincronización en el método maestro - esclavo utilizado en la red de transporte que comunica los elementos de las redes GSM/UMTS. [7]

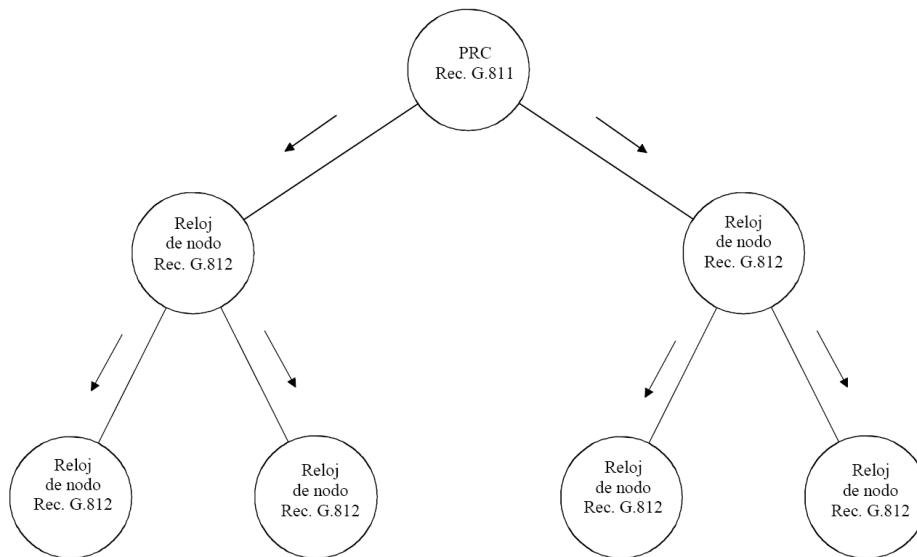


Fig. 2 Distribución intermodal en la arquitectura de red de sincronización Fuente: G.803

### 5.1.1.1 Definición de sitios para medición en ramal lejano

La referencia de sincronismo proveniente de la Central Celular se propaga hasta el Nodo y de allí a los equipos de radio que permiten comunicación con los sitios A y B, como se muestra en la figura 3. [14]

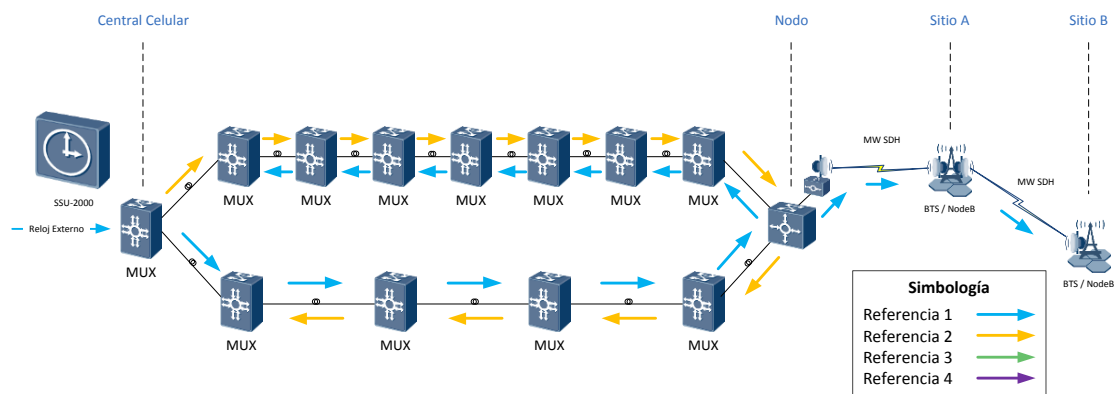


Fig. 3 Red de transporte SDH Fuente: propia

En este caso, la señal de temporización que reciben los equipos de microondas ha sufrido un deterioro producto del número de saltos en la red de transporte. [3] Las mediciones confirmarán si dicha referencia es adecuada de extremo a extremo.

La ubicación geográfica de los sitios A y B que conforman el ramal lejano se muestra en la figura 4.

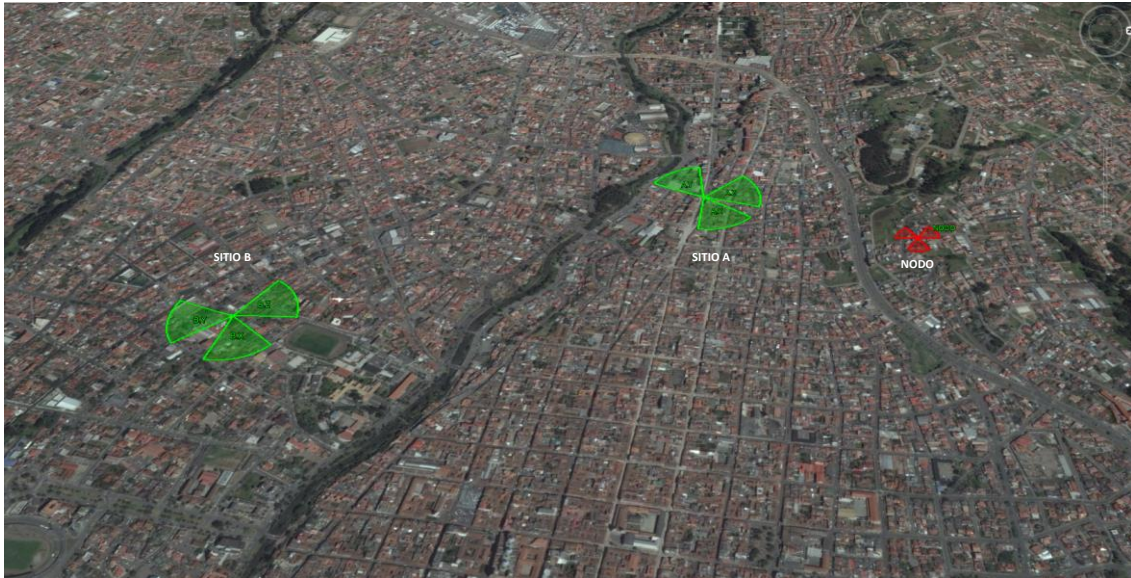


Fig. 4 Ramal lejano Fuente: Google Earth

### Equipos de medición

- Antena GPS.
- Referencia de Reloj: Marca Symmetricom; Modelo: Time Provider 2700
- Analizador de Comunicaciones: Marca JDSU; Modelo MTS-8000
- Osciloscopio: Marca Tektronix; Modelo TDS 1012C-EDU

Las especificaciones de los equipos utilizados se incluyen en el Anexo 1.

### Escenario de prueba

En todas las mediciones se utiliza una referencia PRC externa proporcionada por el equipo TP-2700 y comparándola con la señal proveniente el puerto CLK OUT de cada equipo, con la finalidad de evaluar la calidad de la señal de reloj con la que los equipos SDH se sincronizan [16], de forma similar a lo mostrado en la figura 5.



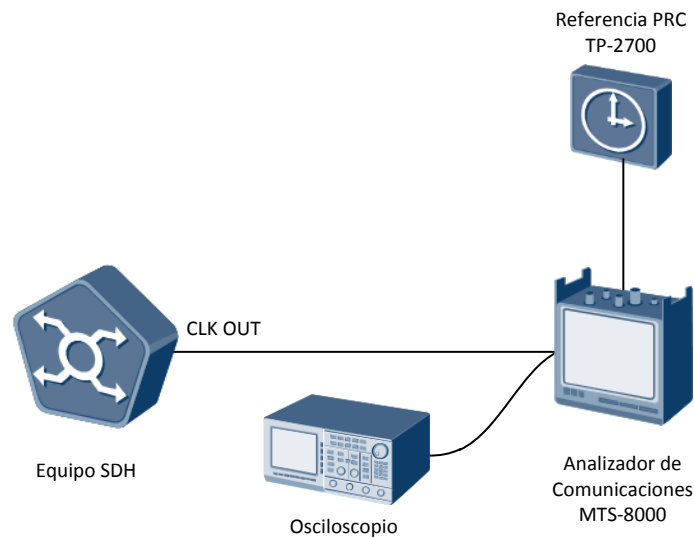


Fig. 5 Escenario de Prueba Fuente: propia

La señal de reloj ideal proveniente de un Time Provider o un SSU es altamente confiable ya que permite sincronización maestro - esclavo con referencia GPS (USA), GLONASS (Rusia) o Galileo (Europa) de acuerdo a los requerimientos del operador; dicha referencia utiliza osciladores de Cesio (Cs) que tienen un elevado costo. Internamente estos equipos trabajan subordinados a dos osciladores locales, el primero de Rubidio (Rb) y el segundo de Cuarzo mejorado (Qz) activo/standby, capaces de proporcionar señal de temporización válida (por tiempo limitado) cuando se pierde la referencia satelital. [12]

Con la ayuda del Analizador de Comunicaciones MTS-8000 y un osciloscopio digital se toman datos en los distintos puntos de interés.

Para disponer de una red de transporte óptima se debe poner especial interés por evitar fluctuación de fase (jitter) y fluctuación lenta de fase (wander) [2]

**Jitter:** Variaciones (fluctuación) a corto plazo en la exactitud de la señal digital de reloj respecto a su posición ideal en el tiempo; es decir, el cambio indeseado y abrupto que afecta a la frecuencia, fase o amplitud (a corto plazo significa que la frecuencia de estas variaciones es mayor o igual a 10Hz). [2]

**Wander:** Variaciones a largo plazo de instantes significativos de una en una señal de reloj respecto a su posición ideal en el tiempo (a largo plazo significa que la frecuencia de las variaciones es menor o igual a 10Hz). [2]

**MTIE:** Error de intervalo de tiempo máximo (Maximum Time Interval Error), es la máxima variación pico a pico de una señal de temporización con respecto a un reloj ideal (PRS) en un intervalo de tiempo. [7]

**TDEV:** Desviación de tiempo (Time Deviation), medición de la variación de tiempo de una señal como función del tiempo de integración. TDEV provee información acerca del contenido espectral del ruido de fase o tiempo de una señal. [7]

La fluctuación lenta de fase expresada en MTIE se muestra en la figura 6, medida utilizando configuración de reloj independiente bajo los siguientes límites:

$$\begin{array}{llll} \text{MTIE:} & 0,275 \times 10^{-3}\tau + 0,025 \mu\text{s} & \text{para} & 0,1 < \tau \leq 1000 \text{ s} \\ & 10^{-5}\tau + 0,29 \mu\text{s} & \text{para} & \tau > 1000 \text{ s} \end{array}$$

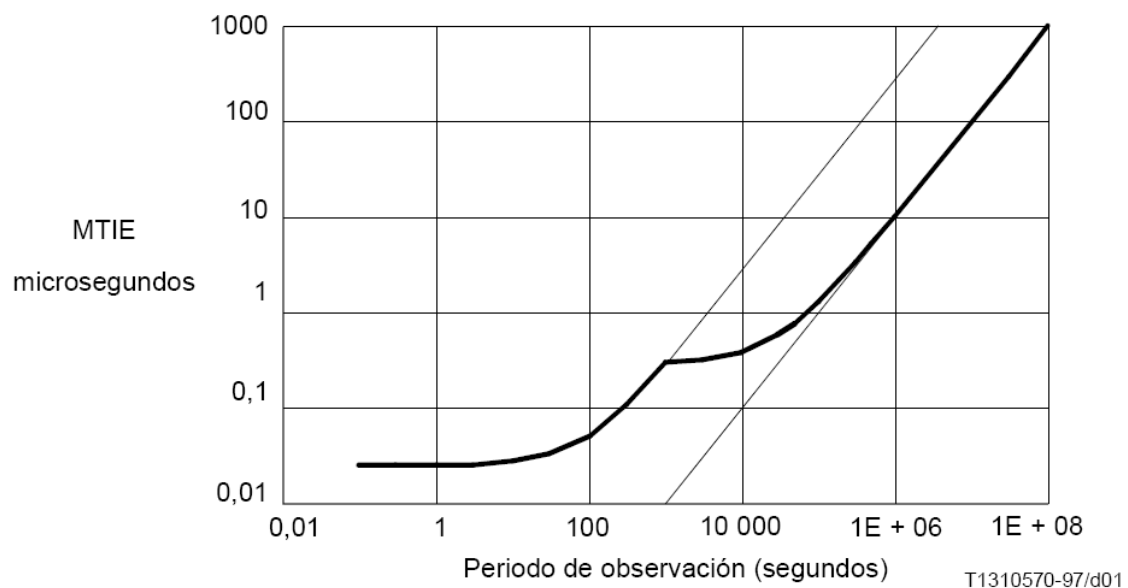


Fig. 6 MTIE en función del periodo de observación (integración)  $\tau$  Fuente: G.811

Ahora bien la fluctuación lenta de fase expresada en TDEV se observa en la figura 7, medida utilizando configuración de reloj independiente bajo los siguientes límites:

<b>TDEV:</b>	3 ns	para	$0,1 < \tau \leq 100 \text{ s}$
	$0,03 \tau \text{ ns}$	para	$100 < \tau \leq 1000 \text{ s}$
	30 ns	para	$1000 < \tau < 10\,000 \text{ s}$

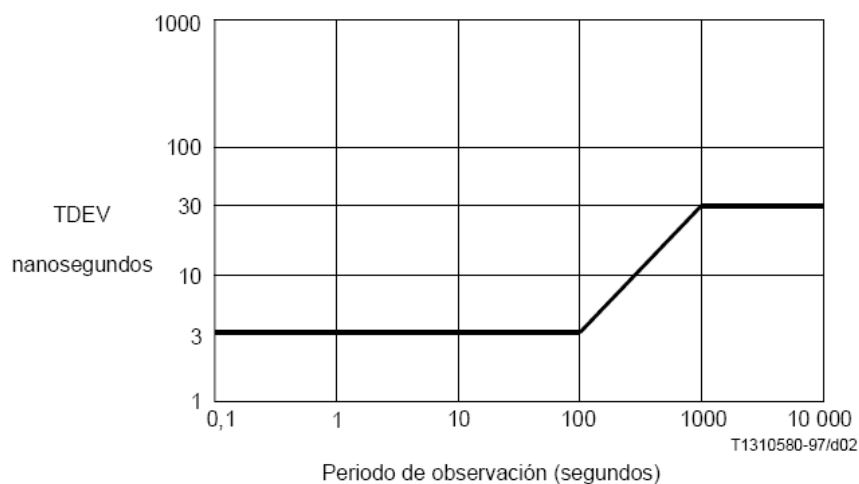


Fig. 7 TDEV en función del periodo de observación (integración)  $\tau$  Fuente: G.811

Los valores recomendados por la ITU-T para MTIE y TDEV y, la forma en que deben ser medidos se describen a detalle en el Anexo 2.

### 5.1.1.2 Medición de referencia de sincronismo

#### Central Celular

En la figura 8 se muestra el resultado del análisis Wander (Máscara G.811) en el multiplexor SDH de origen ubicado en la Central Celular, mismo que recibe señal de sincronismo primaria de un equipo SSU-2000 que se encuentra en el mismo sitio. Como se esperaba, este equipo cumple satisfactoriamente con la máscara G.811 ya que se encuentra directamente conectado a un nodo distribuidor de sincronismo.

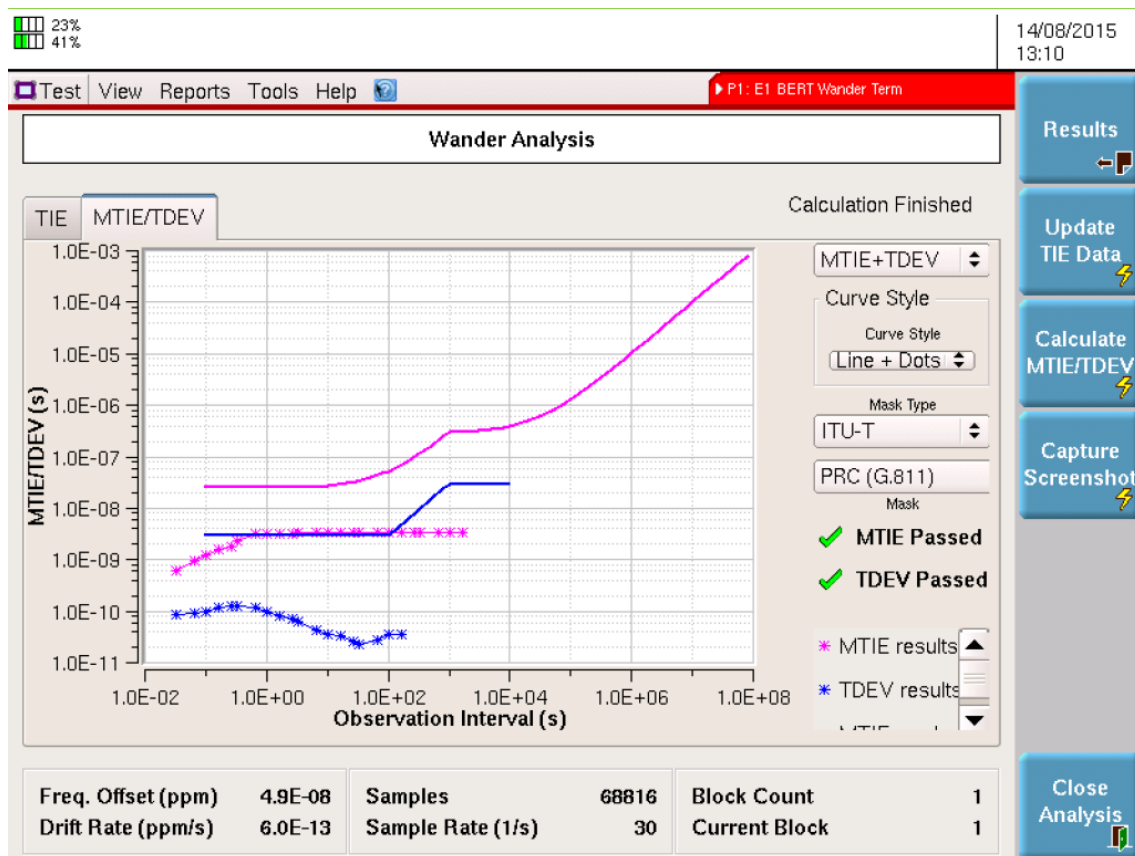


Fig. 8 Resultados del análisis de Wander (Máscara G.811) en el equipo OSN 7500 de la Central Celular Fuente: propia

## Nodo

La señal obtenida en la salida de sincronismo del equipo OSN 3500 en su puerto CLK OUT se muestra en la figura 9.

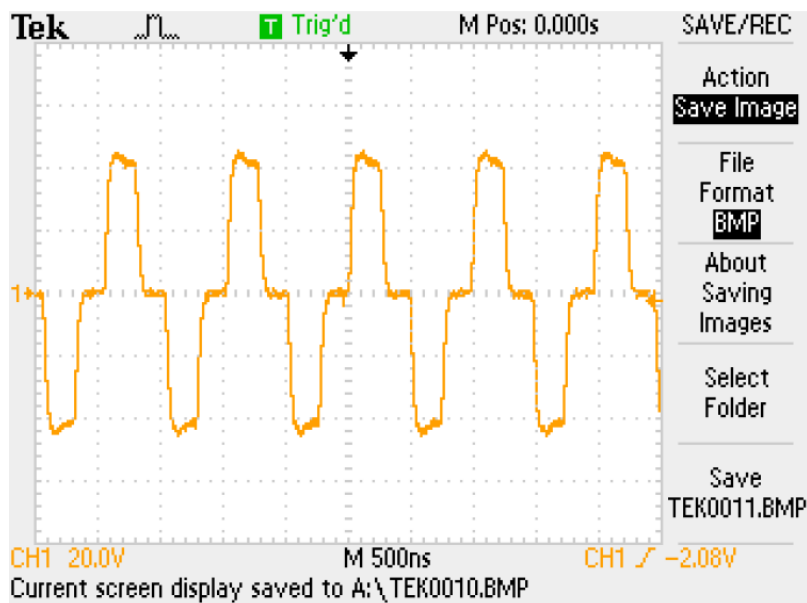


Fig. 9 Medición CLK OUT en OSN 3500 del Nodo Fuente: propia

En la figura 10 se muestra el resultado del análisis Wander (Máscara G.811) en el multiplexor SDH ubicado en el Nodo lejano y que recibe señal de sincronismo primaria de la red propia red transporte. [16] Observando que la señal se ha deteriorado y supera de forma apretada la máscara G.811 que especifica una calidad PRC. Este es un claro indicador que la referencia de sincronismo se ha degradado paulatinamente a lo largo de la red de transporte y probablemente en los siguientes saltos no será apropiada.

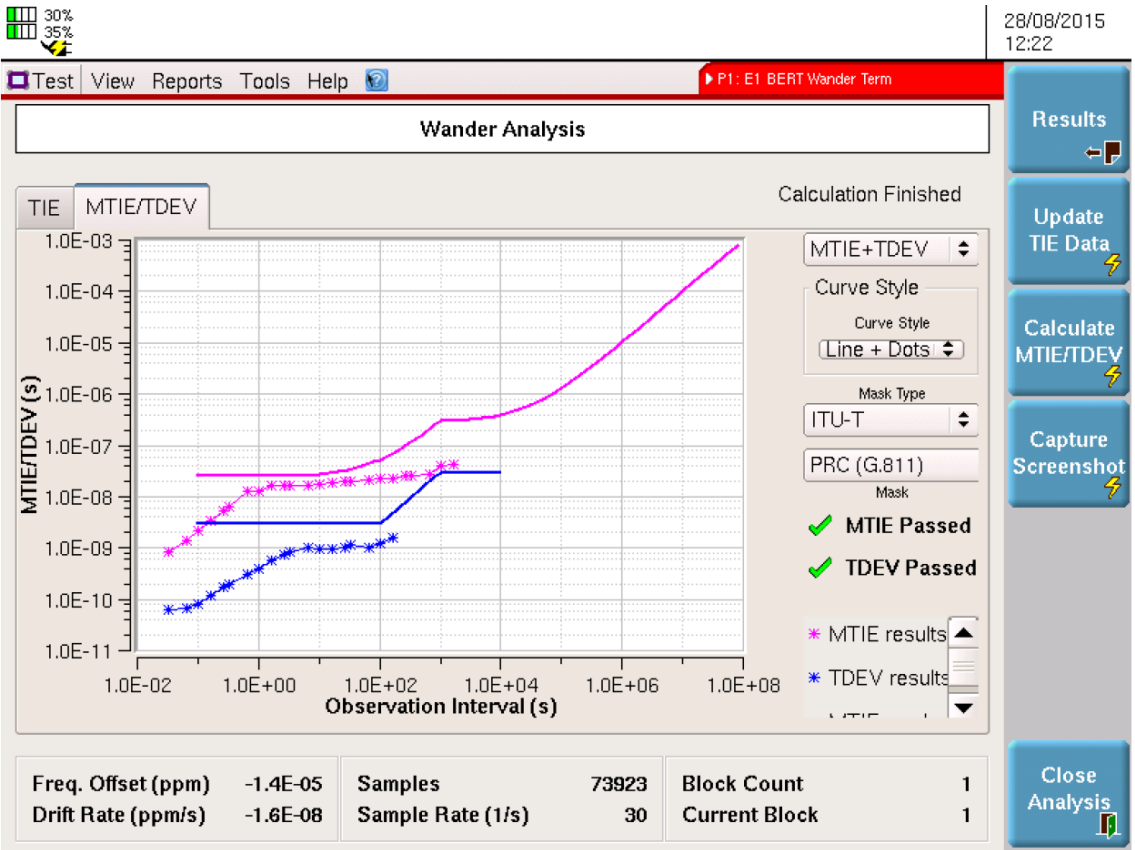
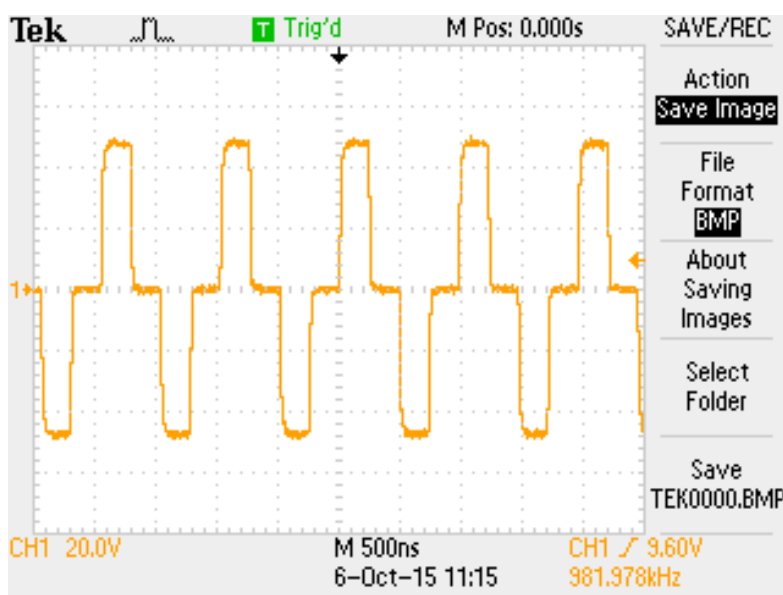


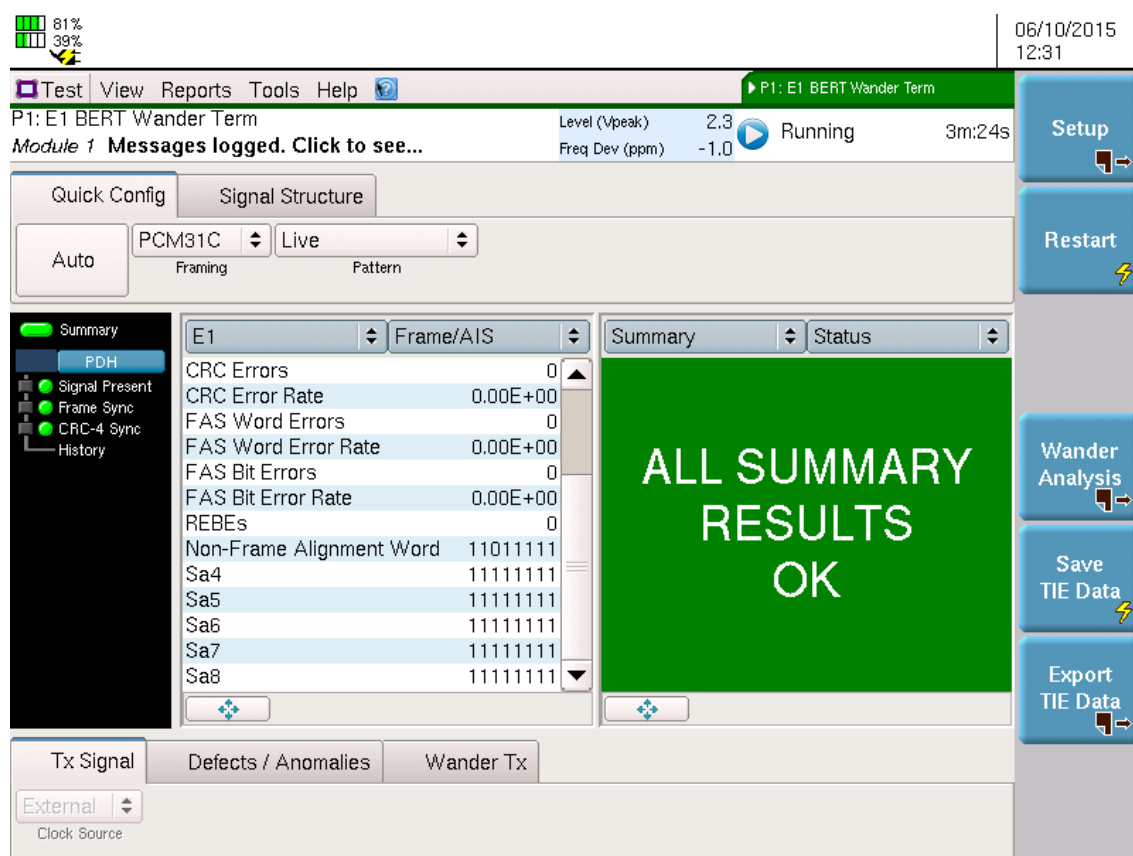
Fig. 10 Resultados del análisis de Wander (Máscara G.811) en el equipo OSN 3500 del Nodo Fuente: propia

### Sitio A

Se mide la señal E1 en la salida del equipo RTN 620 con el osciloscopio y se obtiene el gráfico que se muestra en la figura 11.



Se muestra en la figura 12 una captura de la prueba de monitoreo de la señal E1 de salida. En esta se observa que todos los bits S tienen valores de 1111111, lo cual representa que la señal no lleva la calidad de reloj PRC en ninguno de sus bits S.



Se realizó el análisis de Wander con el equipo MTS-8000 para medir las máscaras G.811 y G.823 en el puerto CLK OUT del equipo RTN 620 del Sitio A, cuyo resultado se observa en las figuras 13 y 14, donde se verifica que la salida de sincronismo del equipo RTN 620 del Sitio A no cumple con la máscara G.811 que especifica una calidad de reloj primaria (PRC) [6]. Tampoco cumple con la máscara G.823 que especifica una calidad de un nodo distribuidor de sincronismo (SSU). [8]

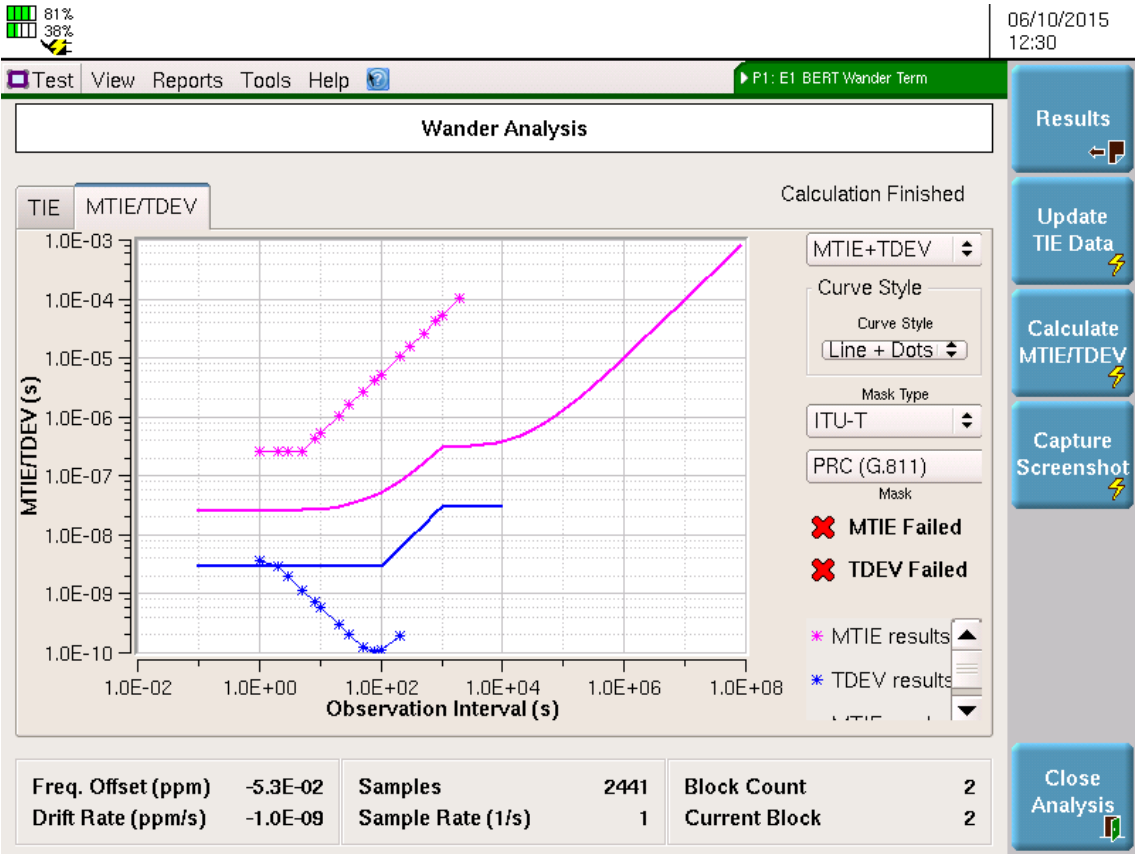


Fig. 13 Resultados del análisis de Wander (Máscara G.811) en el equipo RTN 620 del Sitio A Fuente: propia

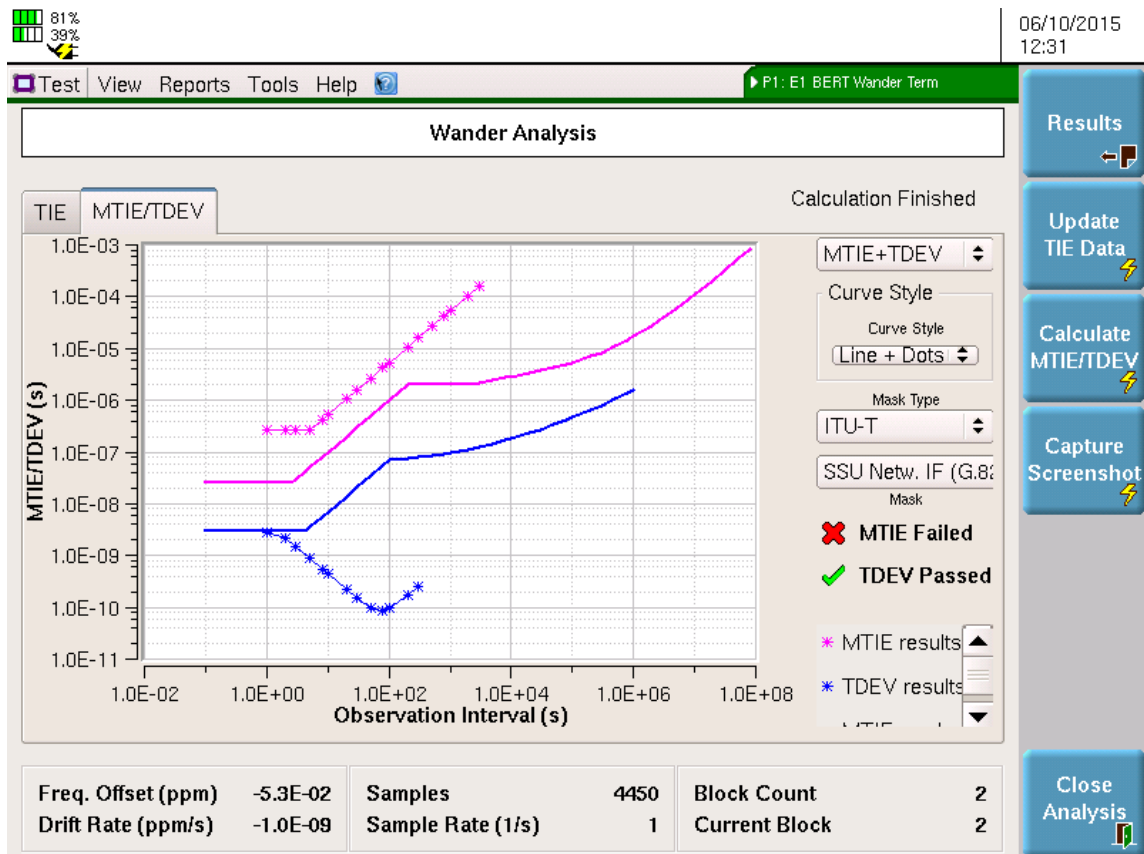


Fig. 14 Resultados del análisis de Wander (Máscara G.823) en el equipo RTN 620 del Sitio A Fuente: propia

## Sitio B

Se mide la señal E1 en la salida del equipo RTN 620 con el osciloscopio y se obtiene el gráfico que se muestra en la figura 15.

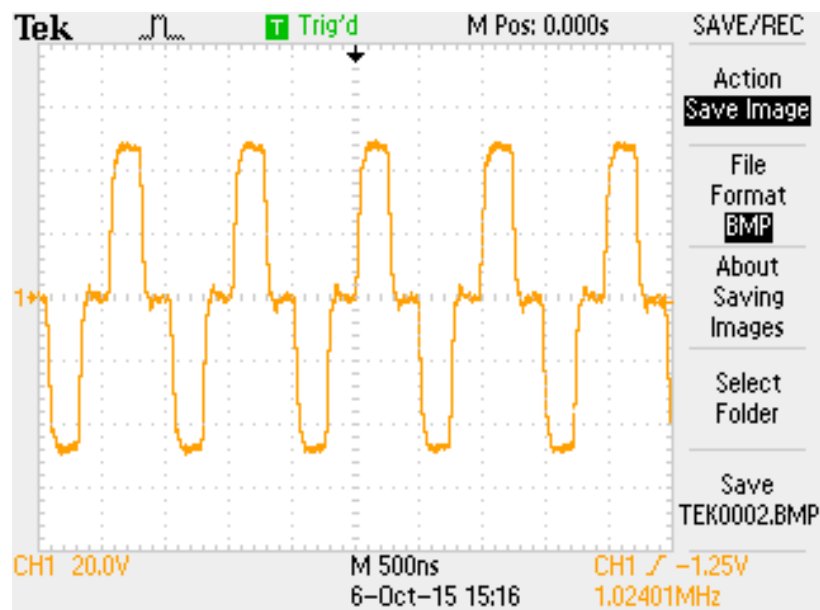


Fig. 15 Medición CLK OUT del Sitio B Fuente: propia



En la figura 16 se muestra la captura de la prueba de monitoreo de la señal E1 de salida. Se observa que no tiene formato de trama, los bits S no llevan información de calidad de reloj.

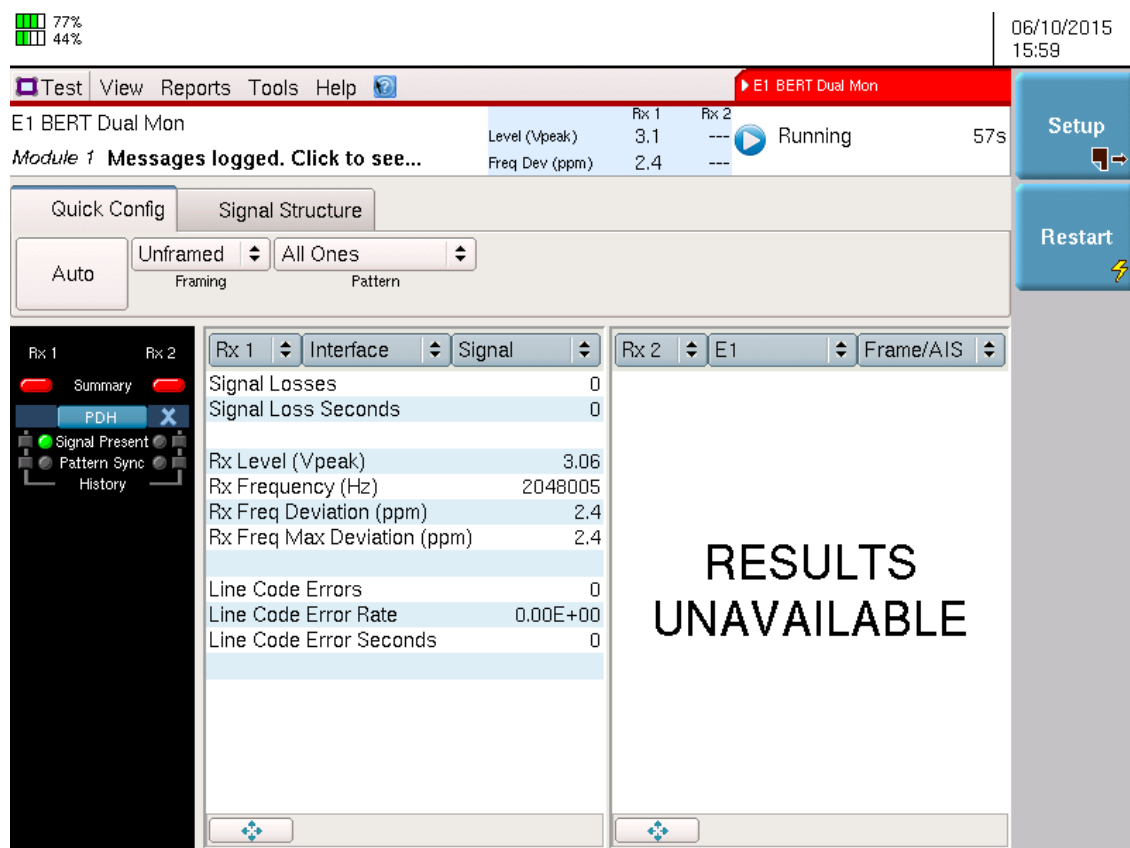


Fig. 16 Prueba de Monitoreo E1 en analizador de redes MTS-8000 del Sitio B Fuente: propia

Se realizó el análisis de Wander con el equipo MTS-8000 para medir las máscaras G.811 y G.823 en el puerto CLK OUT del equipo RTN 620 del Sitio B, cuyo resultado se muestra en las figuras 17 y 18. Donde se verificó que la salida de sincronismo del equipo RTN 620 del Sitio B no cumplía con la máscara G.811 que especifica una calidad de reloj primaria (PRC) y tampoco cumplía con la máscara G.823 que especifica una calidad de un nodo distribuidor de sincronismo (SSU).

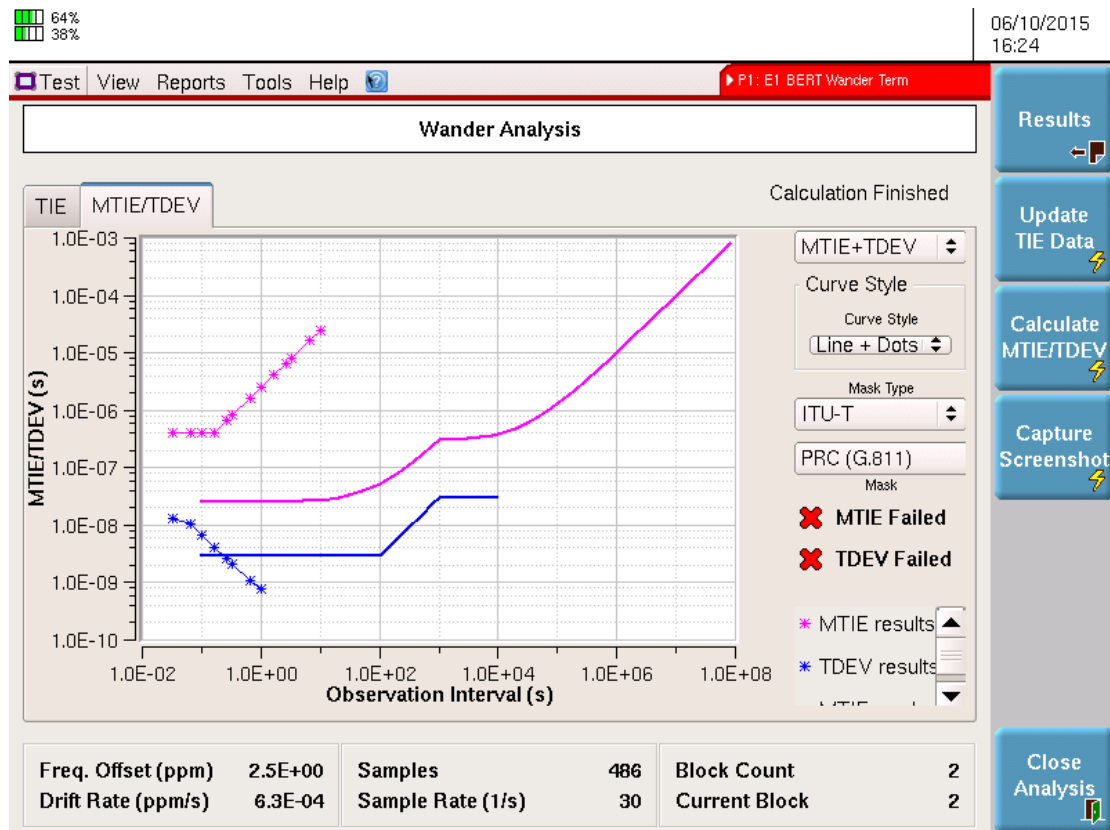


Fig. 17 Resultados del análisis de Wander (Máscara G.811) en el equipo RTN 620 del Sitio B Fuente: propia

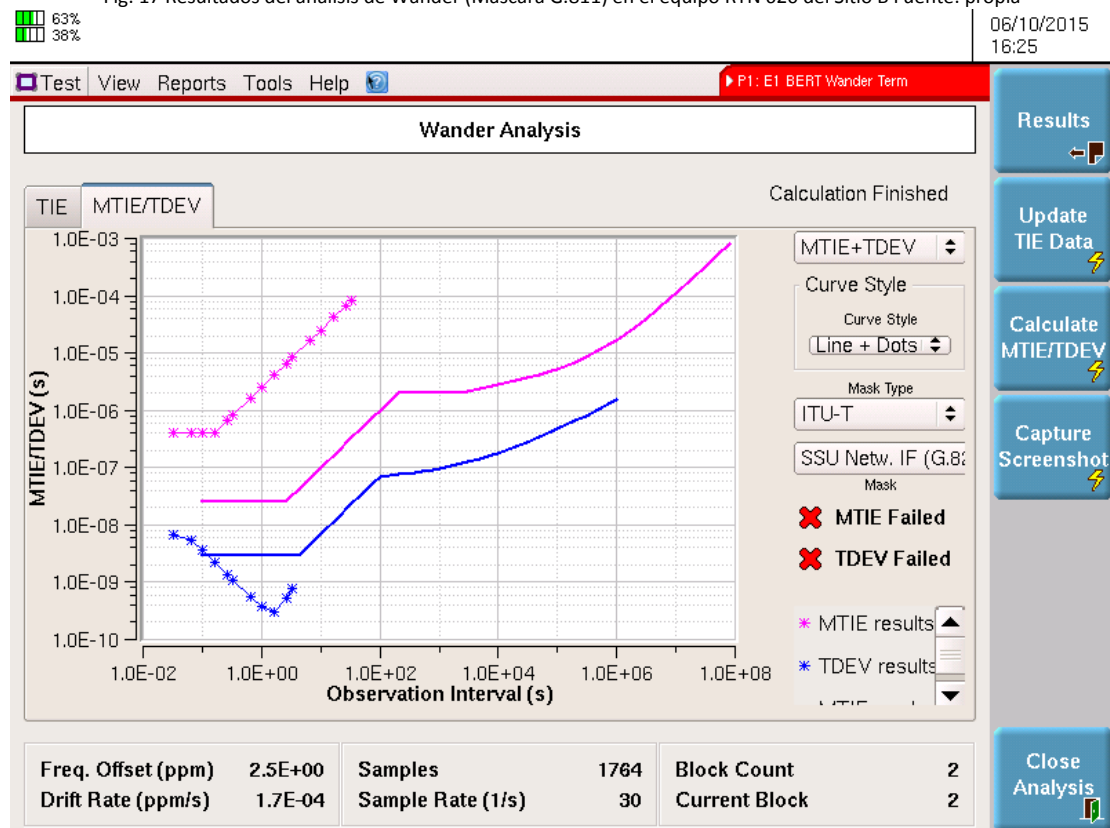


Fig. 18 Resultados del análisis de Wander (Máscara G.823) en el equipo RTN 620 del Sitio B Fuente: propia

Al completar las mediciones en los sitios de interés se verifica un deterioro en la señal de sincronismo, mismo que ya no constituye una referencia óptima para la sincronización adecuada de la red de transporte.

### 5.1.2 Situación actual en red de transporte SDH

Después de verificar el resultado de las mediciones en los puntos de interés, se decide colocar una nueva referencia en el Nodo cuya calidad de reloj supera la máscara G.811 con poco margen, con el objetivo de mejorar la señal de temporización con la que los SEC dependientes realizaran su sincronización a partir de este punto. [9] [10]

#### 5.1.2.1 Modificar referencia de sincronismo en ramal lejano.

En la figura 19 se muestra el diagrama lógico de red móvil con un elemento adicional, una fuente nueva de sincronismo PRC trazable que entrega señal de reloj al mutiplexor distante, y este a su vez la propaga hacia los equipos de radio que permiten comunicación con los sitios A y B. [16]

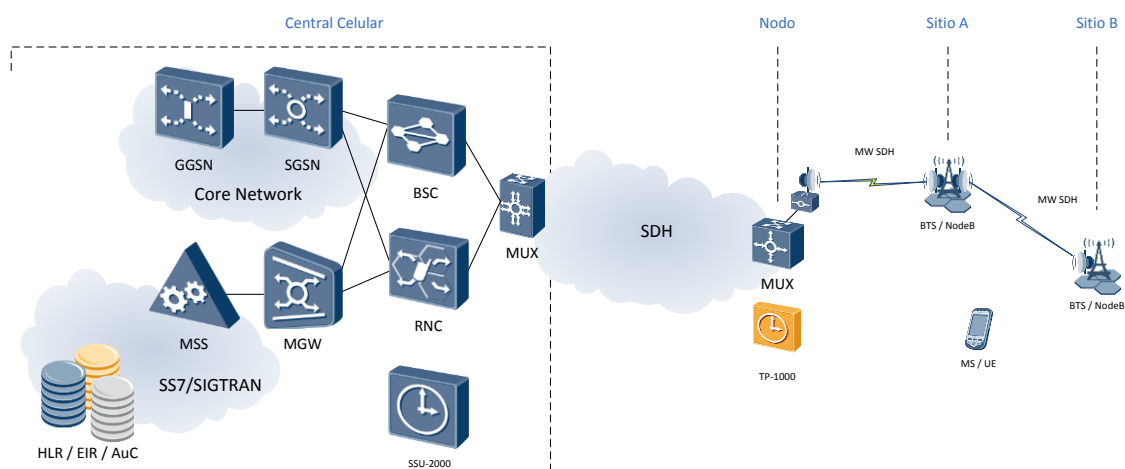
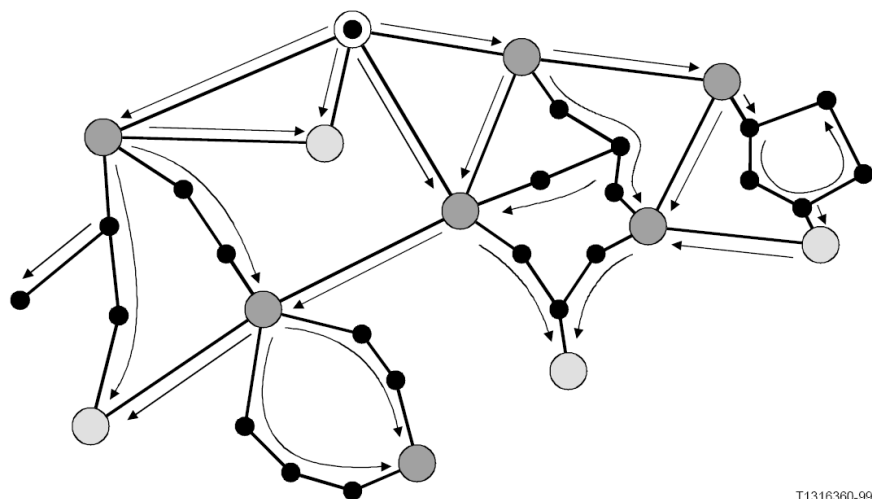


Fig. 19 Diagrama lógico de red móvil (cambio de referencia de sincronismo) Fuente: propia

Se rediseñaron las prioridades de referencia de temporización en el ADM del Nodo en base a las recomendaciones de la UIT, considerando PRC, SSU y SEC. [7] Criterios que se muestran en las figuras 20, 21 y 22.



T1316360-99

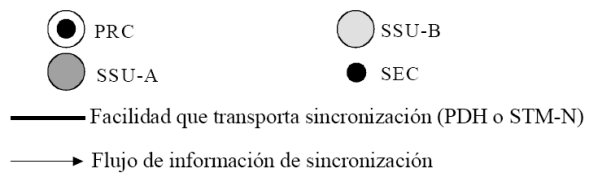
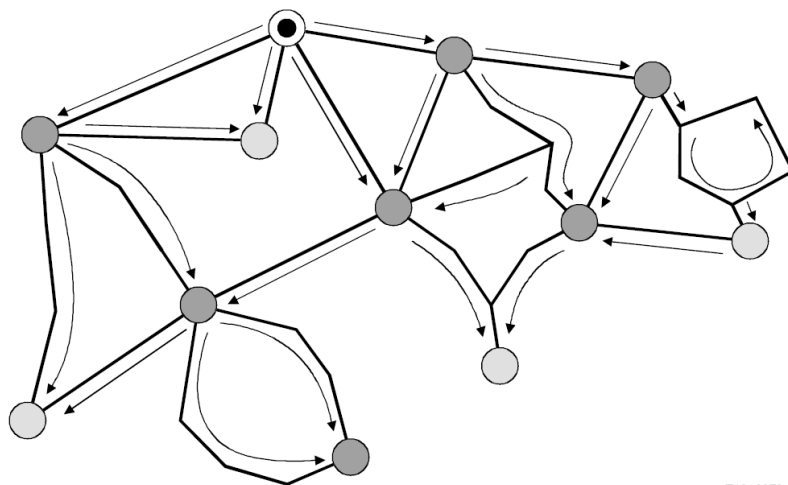


Fig. 20 Mapa de red de sincronización en una zona (ejemplo) Fuente: G.803



T1316370-99

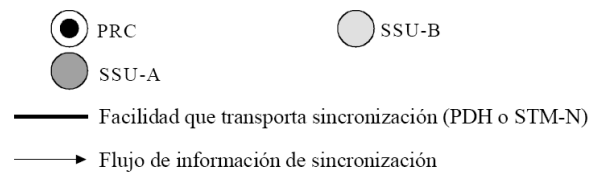


Fig. 21 Nivel SSU elaborado a partir de la figura 17 Fuente: G.803

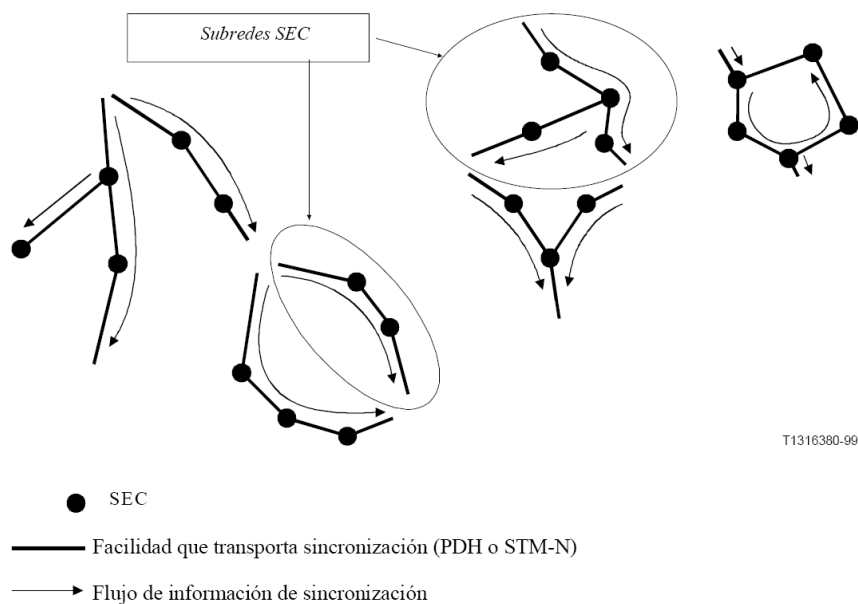


Fig. 22 Nivel SEC construido a partir de la figura 17 Fuente: G.803

En la figura 23 se observa el cambio en las referencias de sincronismo para el multiplexor ubicado en el Nodo al incorporar una nueva señal de referencia primaria PRC trazable entregada por el equipo TP-1000 que se encuentra en el mismo Nodo antes de propagarla a los equipos de radio. [6]

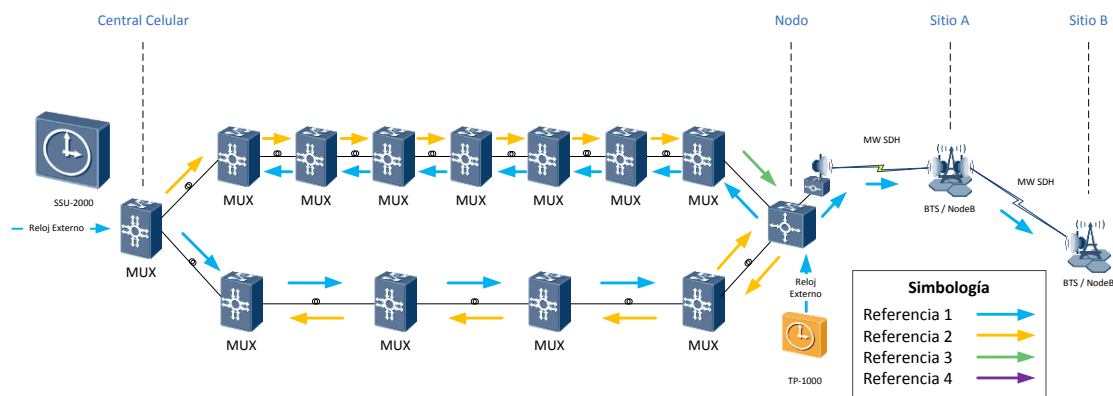


Fig. 23 Red de transporte SDH con referencia de reloj modificada Fuente: propia

### 5.1.2.2 Medición de referencia de sincronismo

Después de realizar las conexiones físicas y modificaciones correspondientes a nivel administrativo en el Multiplexor ubicado en el Nodo se procede a repetir las mediciones en los Sitios A y B, con el mismo equipamiento de forma similar a las realizadas previamente.

## Sitio A

Se mide la señal E1 en la salida del equipo RTN 620 del sitio A con el osciloscopio y se obtiene el gráfico que se muestra en la figura 24.

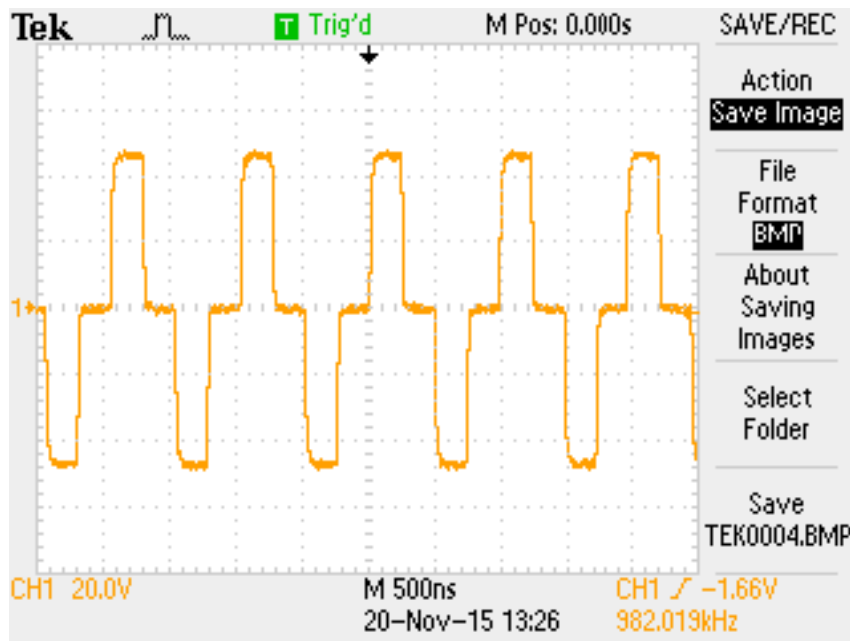


Fig. 24 Medición CLK OUT en Sitio A Fuente: propia

En la figura 25 se muestra la captura de la prueba de monitoreo de la señal E1 de salida. En esta se observa que todos los bits S tienen valores de 1111111, lo cual representa que la señal no lleva la calidad de reloj PRC en ninguno de sus bits S.

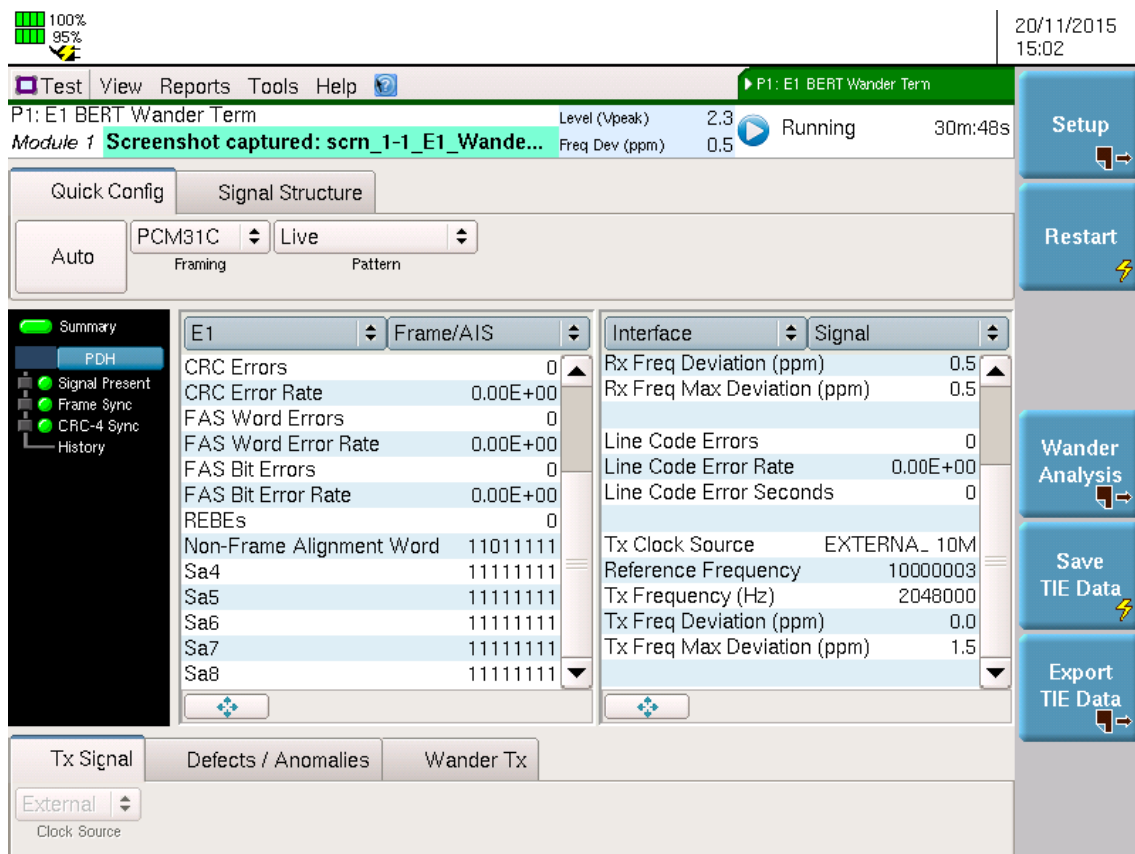


Fig. 25 Prueba de Monitoreo E1 en analizador de redes MTS-8000 del Sitio A Fuente: propia

Se realizó el análisis de Wander con el equipo MTS-8000 para medir las máscaras G.811 y G.823 en el puerto CLK OUT del equipo RTN 620 del Sitio A, cuyo resultado se observa en las figuras 26 y 27, donde se verifica que la salida de sincronismo del equipo RTN 620 del Sitio A cumple con la máscara G.811 que especifica una calidad de reloj primaria (PRC). Además, cumple con la máscara G.823 que especifica una calidad de un nodo distribuidor de sincronismo (SSU).

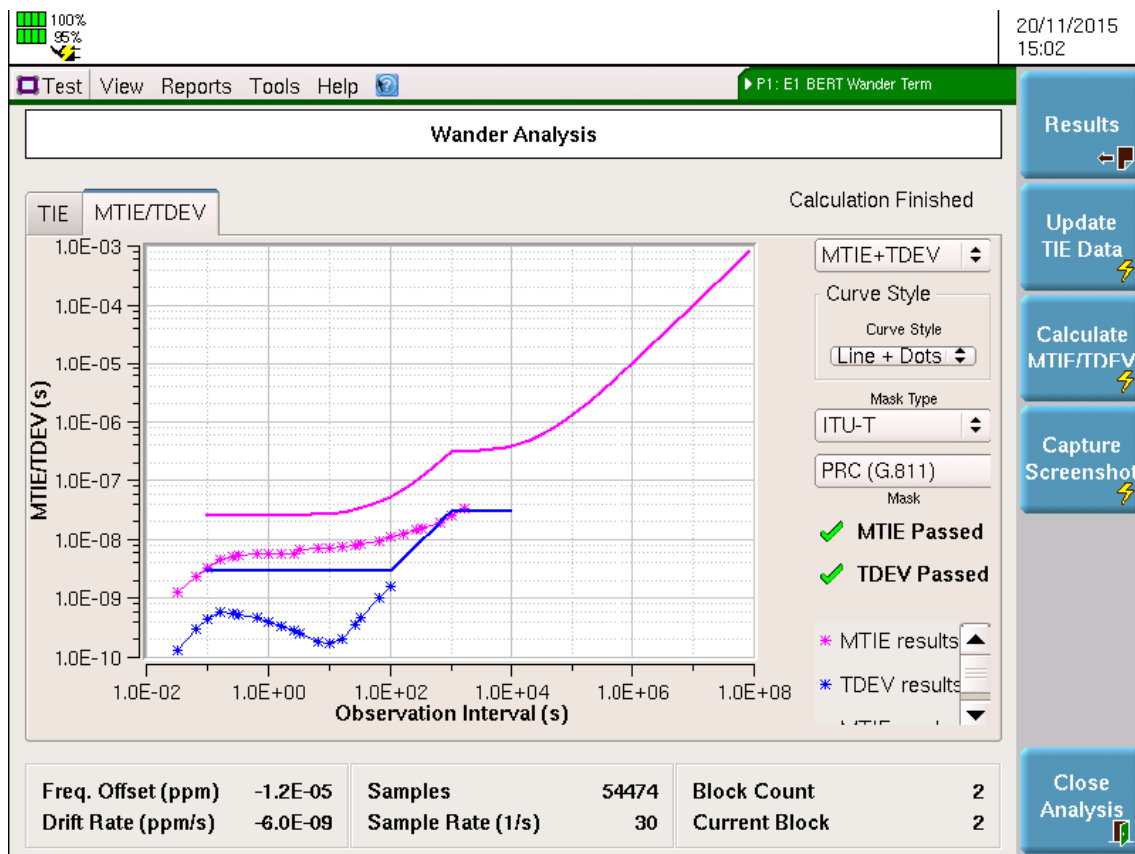


Fig. 26 Resultados del análisis de Wander (Máscara G.811) en el equipo RTN 620 del Sitio A Fuente: propia

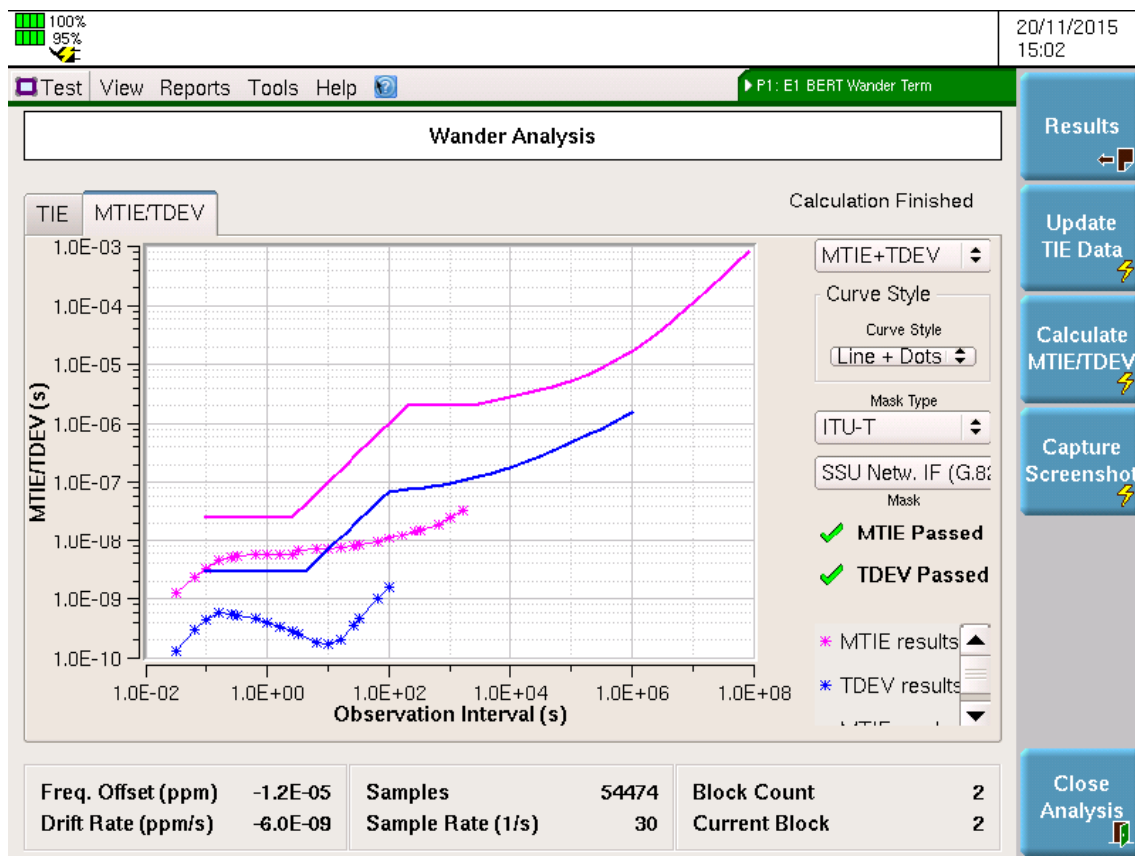


Fig. 27 Resultados del análisis de Wander (Máscara G.823) en el equipo RTN 620 del Sitio A Fuente: propia



## Sitio B

Se mide la señal E1 en la salida del equipo RTN 620 del Sitio B con el osciloscopio y se obtiene el gráfico que se muestra en la figura 28.

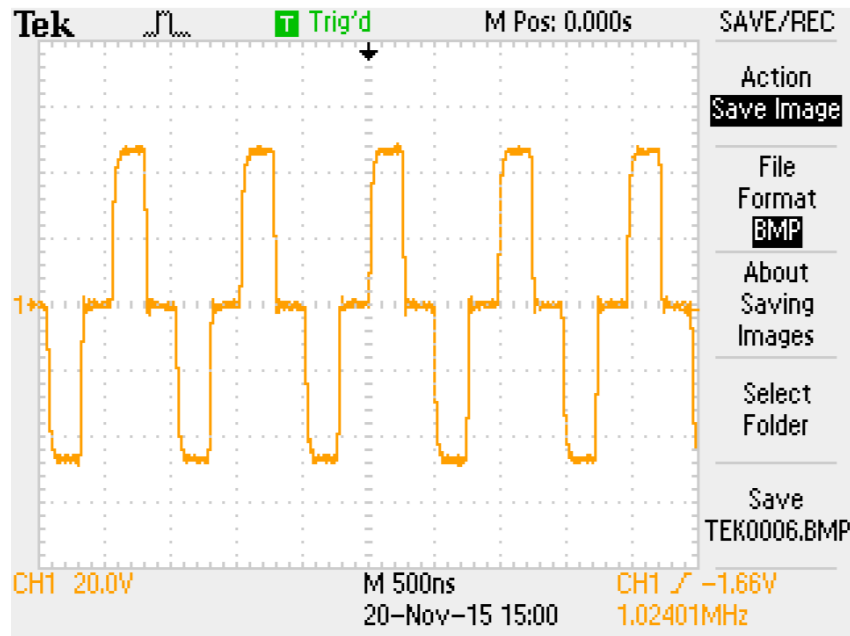


Fig. 28 Medición CLK OUT del Sitio B Fuente: propia

En la figura 29 se muestra la captura de la prueba de monitoreo de la señal E1 de salida. Se observa que no tiene formato de trama, los bits S no llevan información de calidad de reloj.

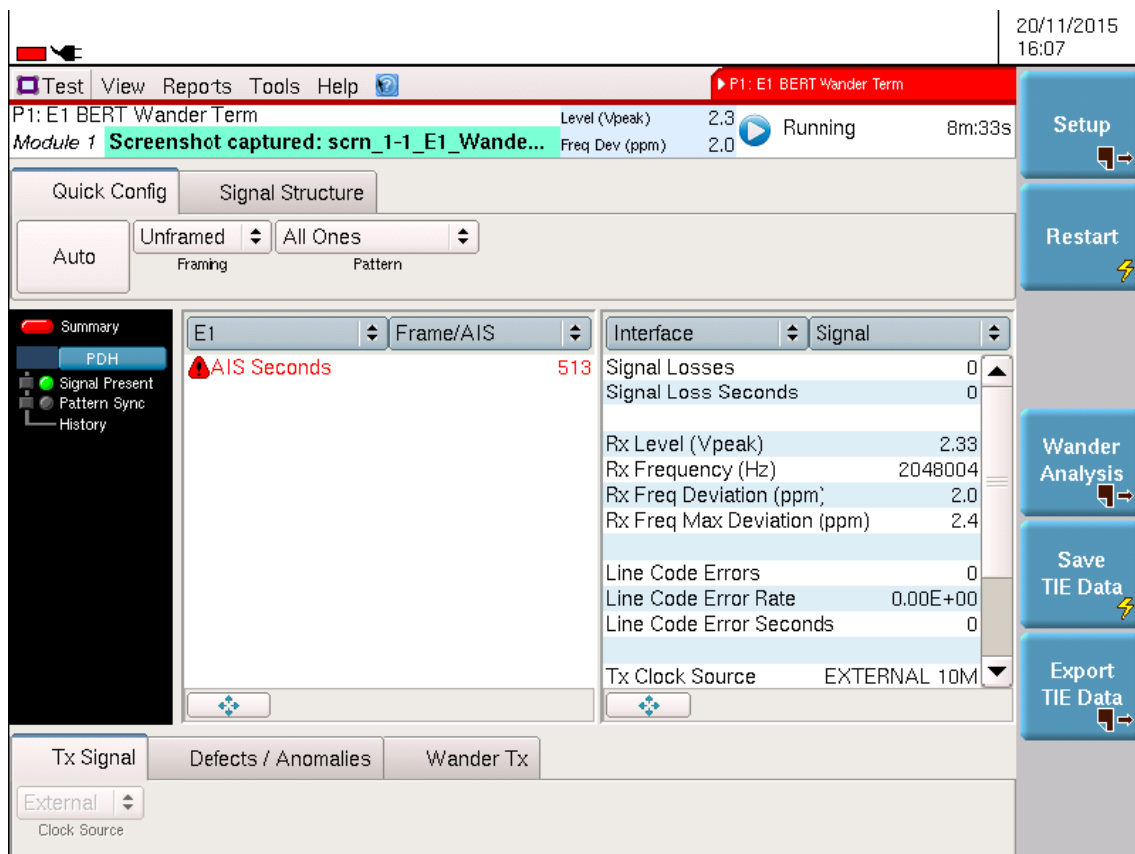


Fig. 29 Prueba de Monitoreo E1 en analizador de redes MTS-8000 del Sitio B Fuente: propia

Se realizó el análisis de Wander con el equipo MTS-8000 para medir las máscaras G.811 en el puerto CLK OUT del equipo RTN 620 del Sitio B, cuyo resultado se muestra en la figura 30, donde se verificó que la salida de sincronismo del equipo RTN 620 del Sitio B cumple con la máscara G.811 que especifica una calidad de reloj primaria (PRC).

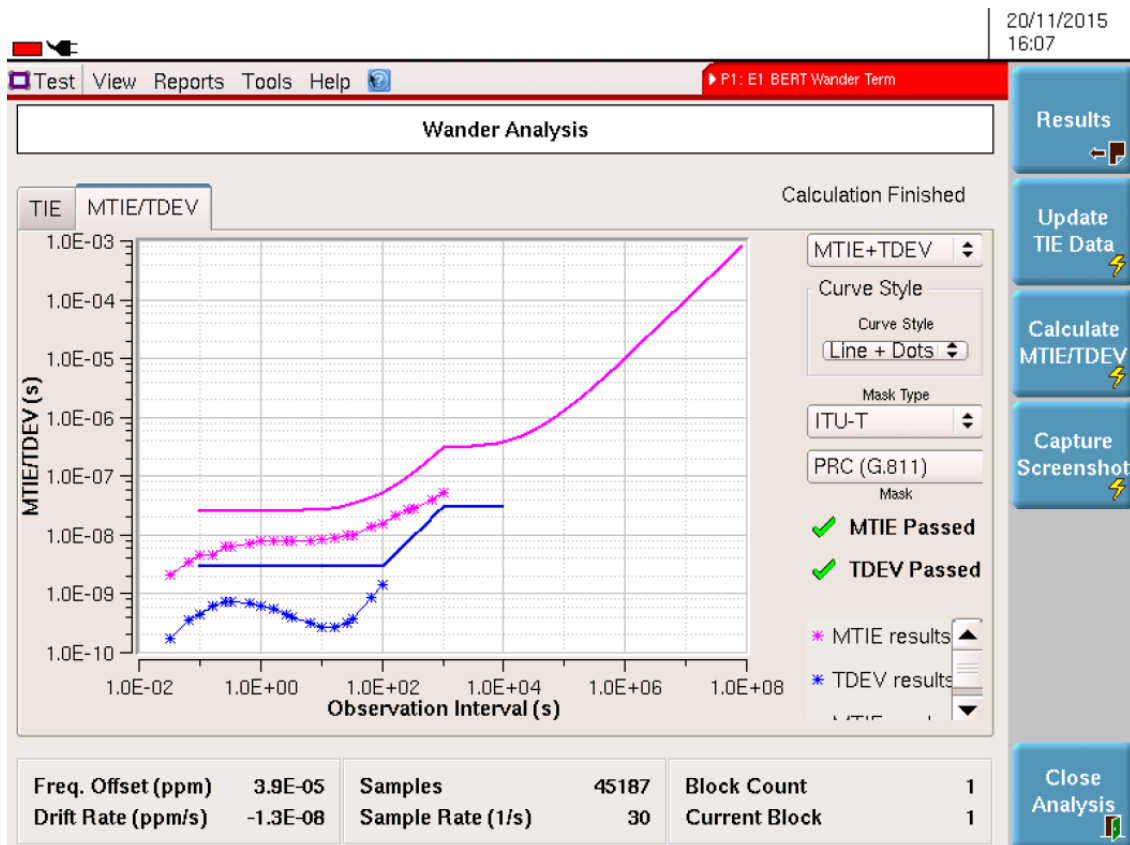


Fig. 30 Resultados del análisis de Wander (Máscara G.811) en el equipo RTN 620 del Sitio B Fuente: propia

### 5.1.3 Obtención de KPIs

Para determinar la calidad de servicio móvil existen varios mecanismos utilizados por los operadores, uno de ellos consiste en la verificación de estadísticas de los indicadores de desempeño claves KPI (Key Performace Indicator).

Cada fabricante pone a disponibilidad de los operadores un gran número de contadores para controlar el desempeño de la red, usualmente agrupados en grandes grupos que permitirán de forma rápida tener una idea acertada de las condiciones en las que los diferentes componentes e interfaces se encuentran y, su consecuente impacto en el servicio.

Para este caso el principal interés se centra en aquellos relacionados con la interfaz aire GERAN/UTRAN (red de acceso de radio) dependiendo de la tecnología evaluada. [1] [5] [13]

Las mediciones se centran en los siguientes grupos:

- **Accesibilidad:** Sumatoria de contadores que muestran la disponibilidad de recursos de red CS y PS para brindar servicio al usuario. Para efectos prácticos este indicador considera los eventos que imposibilitan el acceso a los recursos por ello se la conoce como la tasa de inaccesibilidad.
- **Retenibilidad:** Incluye todos los contadores que permiten determinar la tasa de llamadas que por diferentes motivos constituyen un evento anómalo y provocan una liberación no deseada de recursos (drop call) después de haber sido establecida una comunicación. Al ser uno de los parámetros especificados en el contrato de concesión de los operadores móviles se evalúa de forma especial. Este indicador es muy importante en conmutación de circuitos y conmutación de paquetes 2G/3G.
- **Calidad de voz:** Indicador que permite apreciar la calidad de la comunicación en base a los códigos, algoritmos de modulación y compresión asignados a los subscriptores.
- **Tasa de Datos:** Velocidad efectiva en bits por segundo disponible en la celda (sector) y de la que dependen las llamadas de datos.

## KPIs GSM

Los KPIs más relevantes para los operadores móviles en redes GSM/GPRS/EDGE que fueron considerados en el presente estudio se muestran en la tabla 1. [13]

Abreviación	Significado
CS_IA	Circuit Switched Inaccessibility
CS_DC	Circuit Switching Dropped-Call
SPEECH_Q	Speech Quality
PS_IA	Packet Switched Inaccessibility
PS_DC	Packet Switched Dropped-Call
THRPUT_GPRS_Kbps	Throughput DL GPRS Kbps
THRPUT_EDGE_Kbps	Throughput DL EDGE Kbps

Tabla 1. Principales KPIs GSM/GPRS/EDGE Fuente: NSN

## KPIs UMTS

En la tabla 2 se listan los KPIs más relevantes para los operadores móviles en redes UMTS.

Abreviación	Significado
3G CS Inaccessibility (%)	Circuit Switched Inaccessibility
3G CS Non Retainability (%)	Circuit Switched Non Retainability
3G SpeechQuality (%)	Speech Quality
3G PS Inaccessibility (%)	Packet Switched Inaccessibility
3G PS Non Retainability (%)	Packet Switched Non Retainability

Tabla 2. Principales KPIs UMTS Fuente: Huawei

## 5.2 Análisis

### 5.2.1 Impacto en la calidad del servicio GSM

#### Inaccesibilidad de voz

Se observa un cambio en el patrón de comportamiento de la inaccesibilidad de voz CS tanto a nivel de clúster como en el Sitio A, donde disminuyen los picos superiores a 0.1 a partir de los cambios realizados el 20 de noviembre de 2015. En las figuras 31, 32 y 33 se muestran la variación.

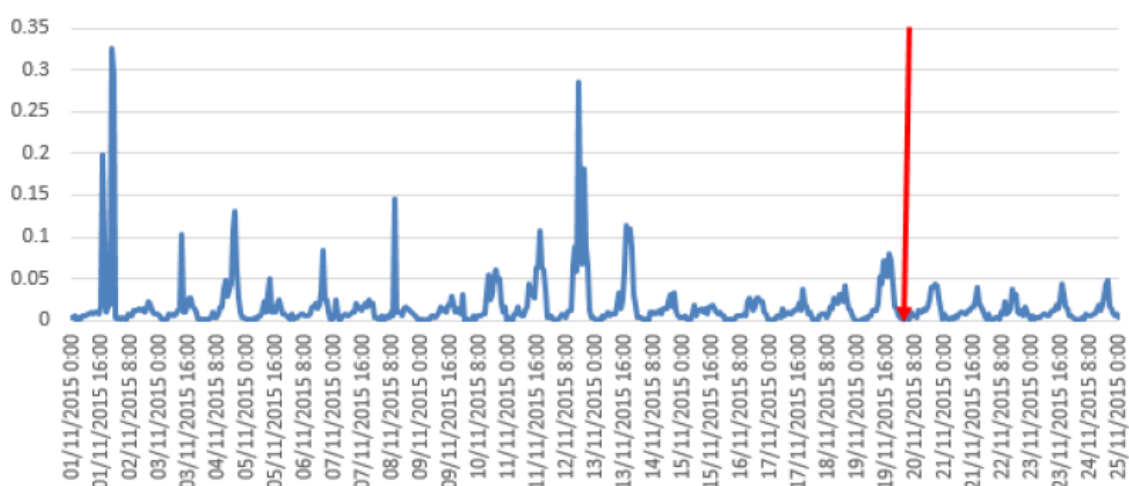


Fig. 31 Inaccesibilidad de voz Total Fuente: propia

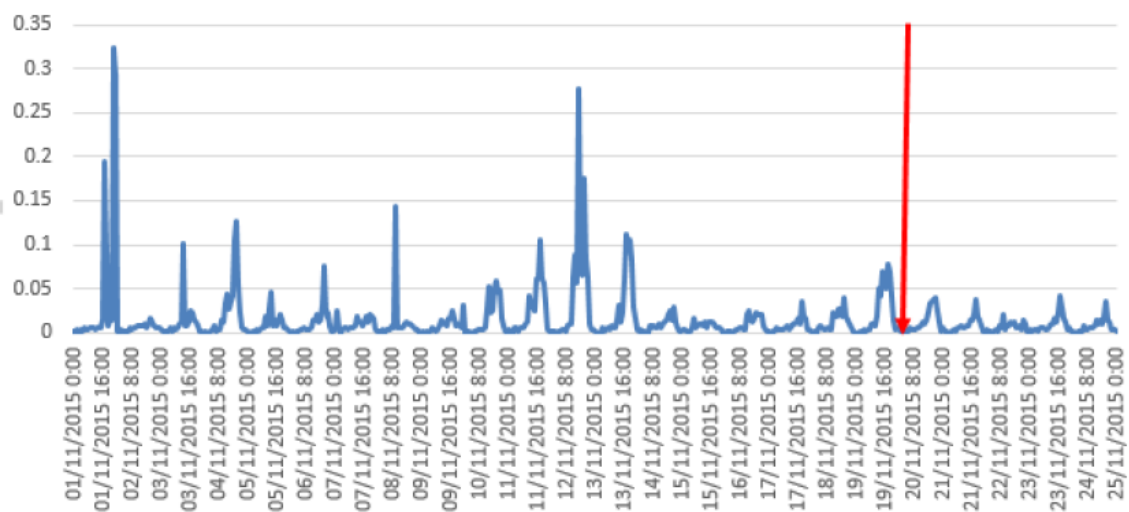


Fig. 32 Inaccesibilidad de voz en Sitio A Fuente: propia

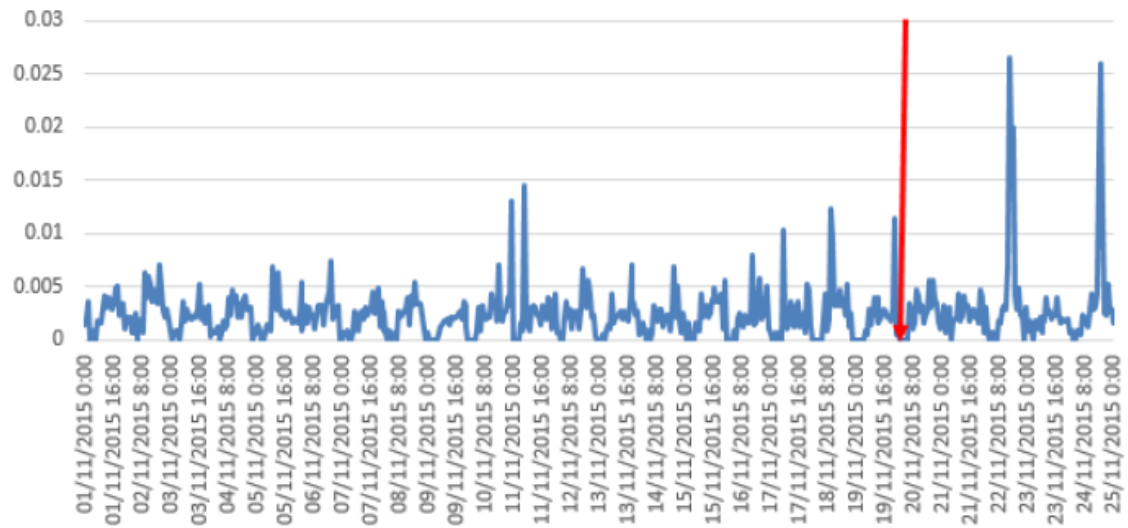


Fig. 33 Inaccesibilidad de voz en Sitio B Fuente: propia

### Drop Call de Voz

No se aprecian variaciones en el comportamiento de la caída de llamadas de voz a nivel de clúster o en cada sitio, figuras 34, 35 y 36. Se mantiene la tendencia.

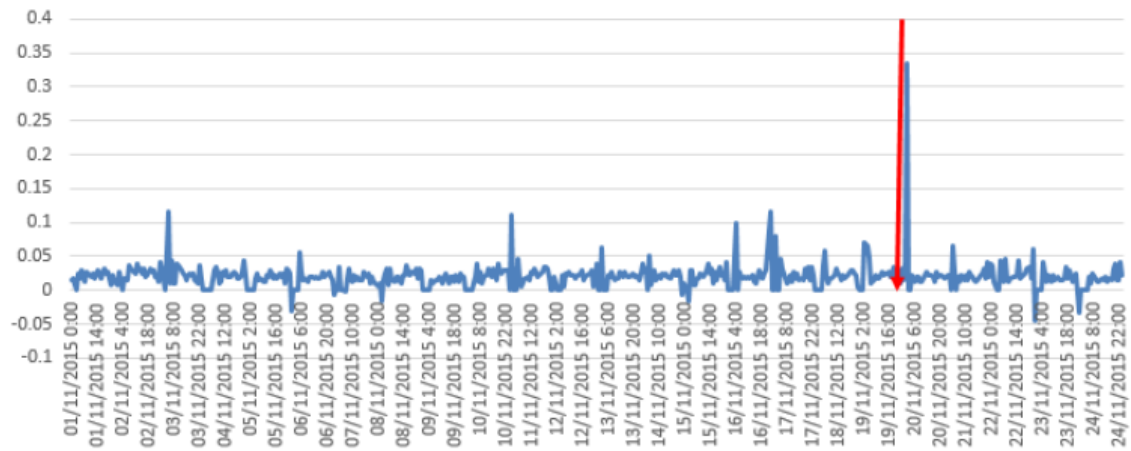


Fig. 34 Drop Call de Voz Total Fuente: propia

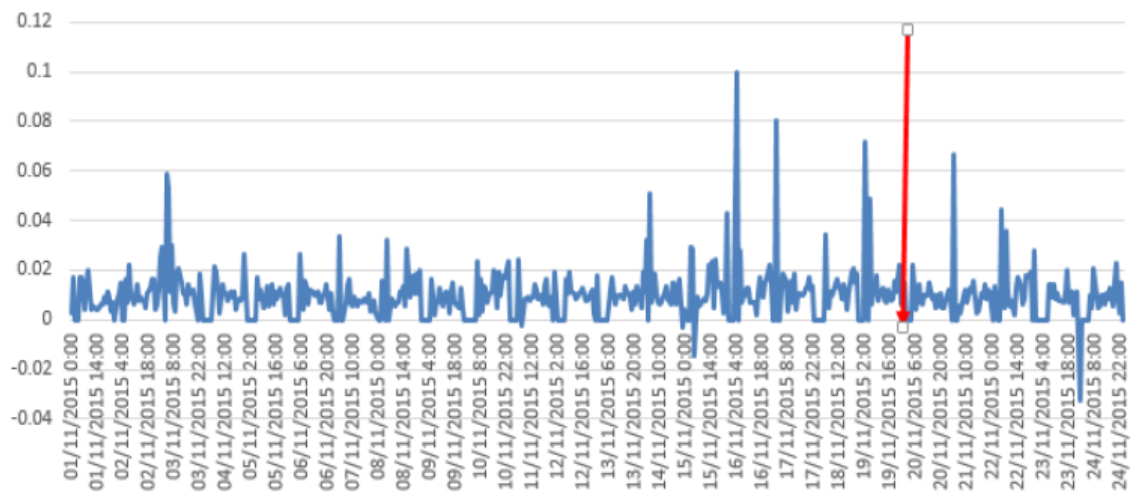


Fig. 35 Drop Call de Voz en Sitio A Fuente: propia

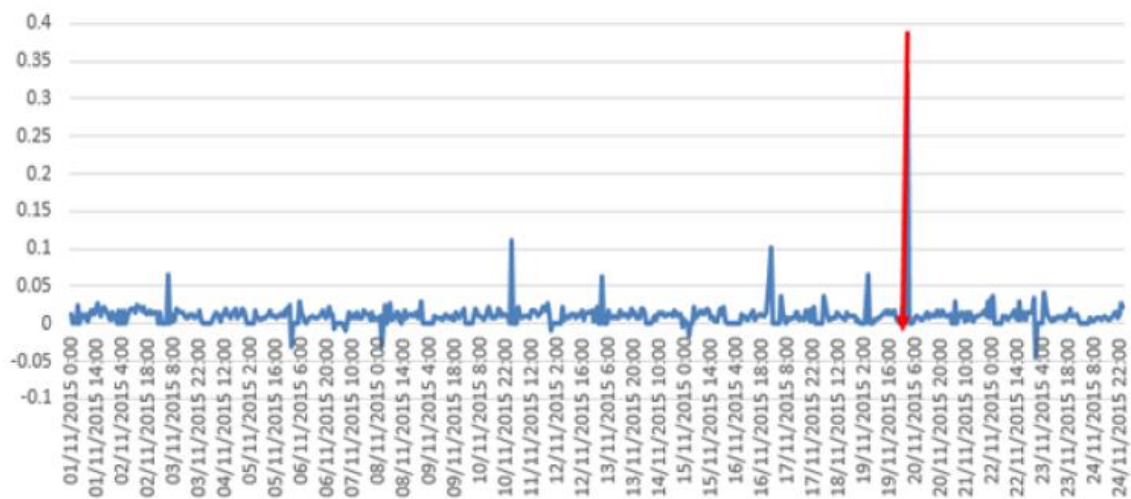


Fig. 36 Drop Call de Voz en Sitio B Fuente: propia

## Speech Quality

Las modificaciones realizadas en la red de transporte no influyen significativamente en la calidad de la voz transmitida. La tendencia es la misma, como se puede observar en las figuras 38, 39 y 39.

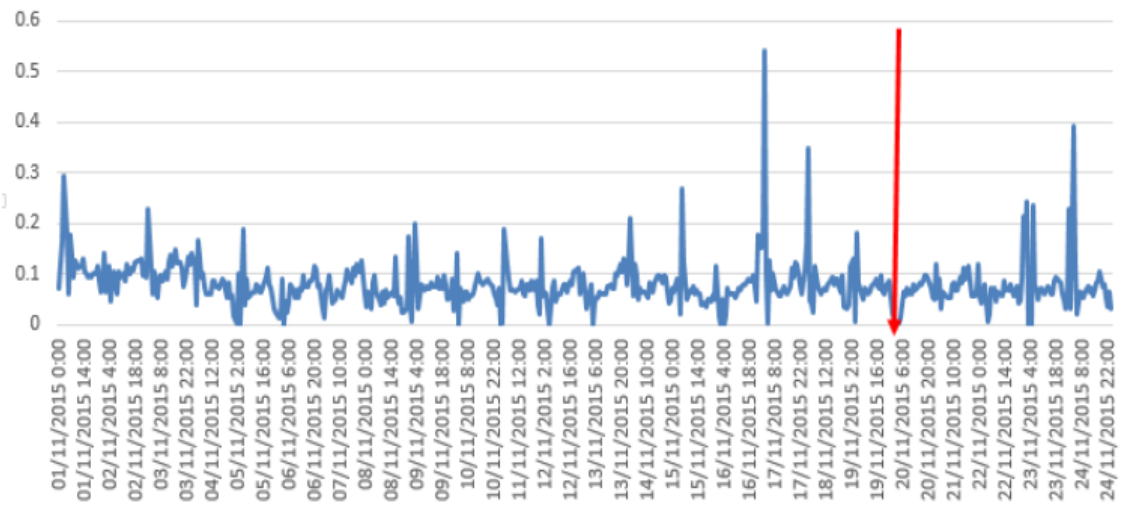


Fig. 37 Speech Quality Total Fuente: propia

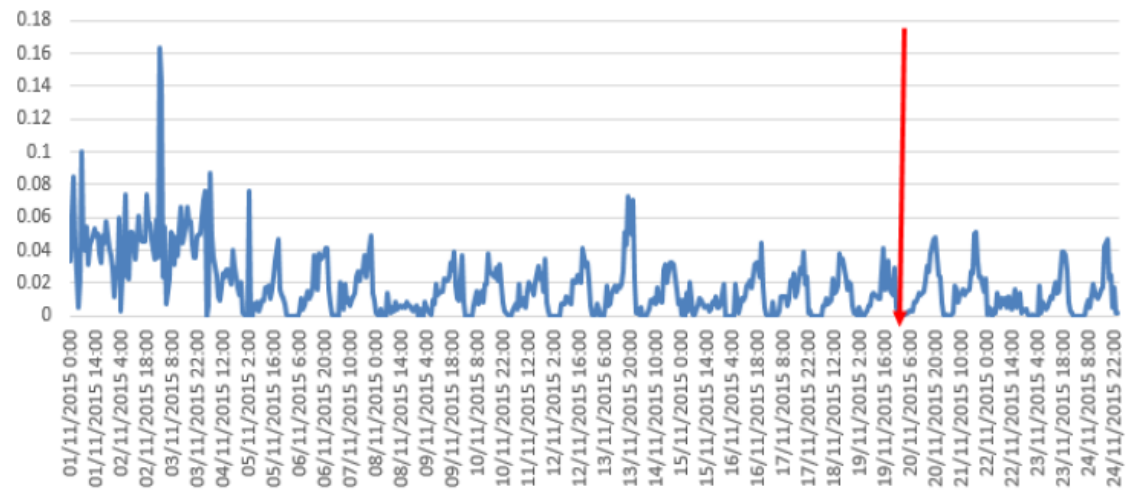


Fig. 38 Speech Quality en Sitio A Fuente: propia

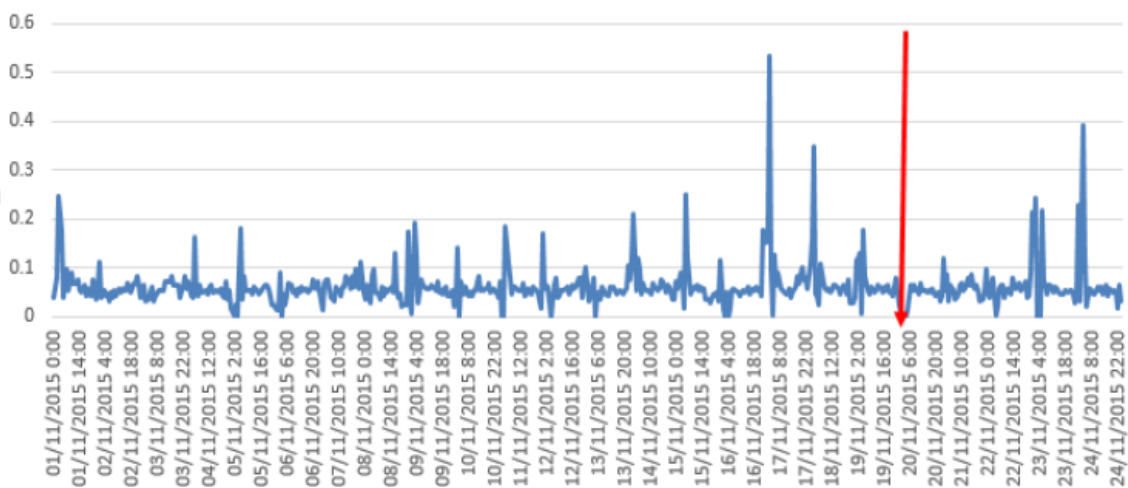


Fig. 39 Speech Quality en Sitio B Fuente: propia



## Inaccesibilidad de Datos

Similar al CS en PS se aprecia un aumento en accesibilidad; es decir, el indicador de inaccesibilidad de datos se reduce a nivel de clúster como a nivel de sitio B, los picos superiores al 0.01 han desaparecido a partir de los cambios realizados. Ver figuras 40, 41 y 42.

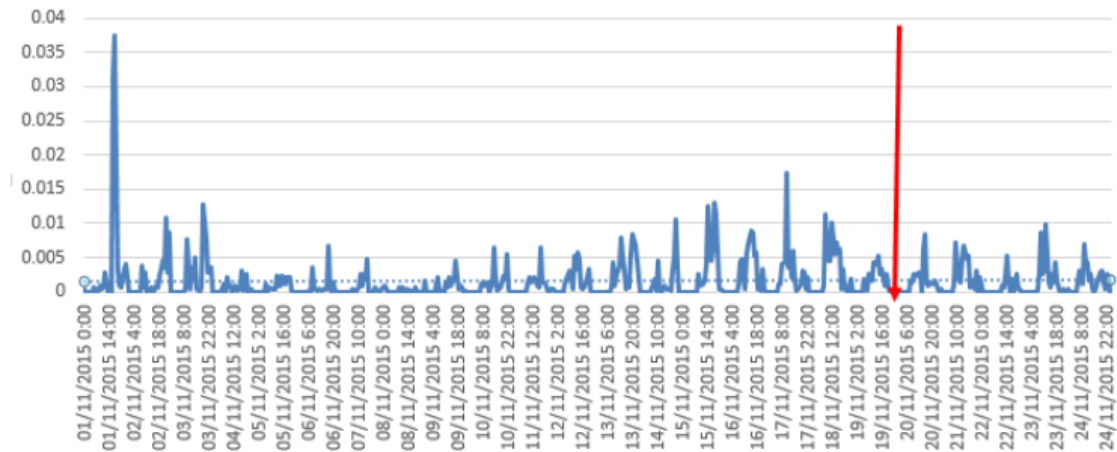


Fig. 40 Inaccesibilidad de Datos Total Fuente: propia

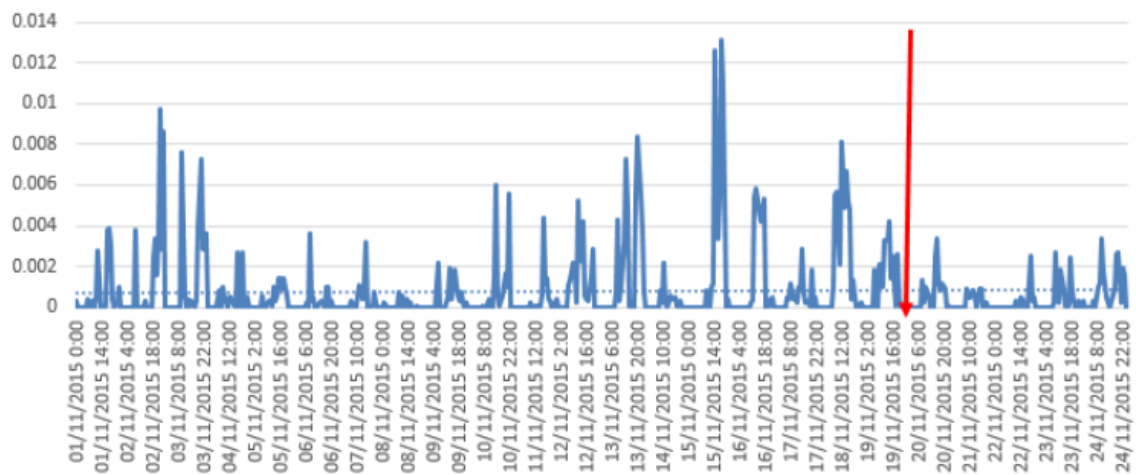


Fig. 41 Inaccesibilidad de Datos en Sitio A Fuente: propia

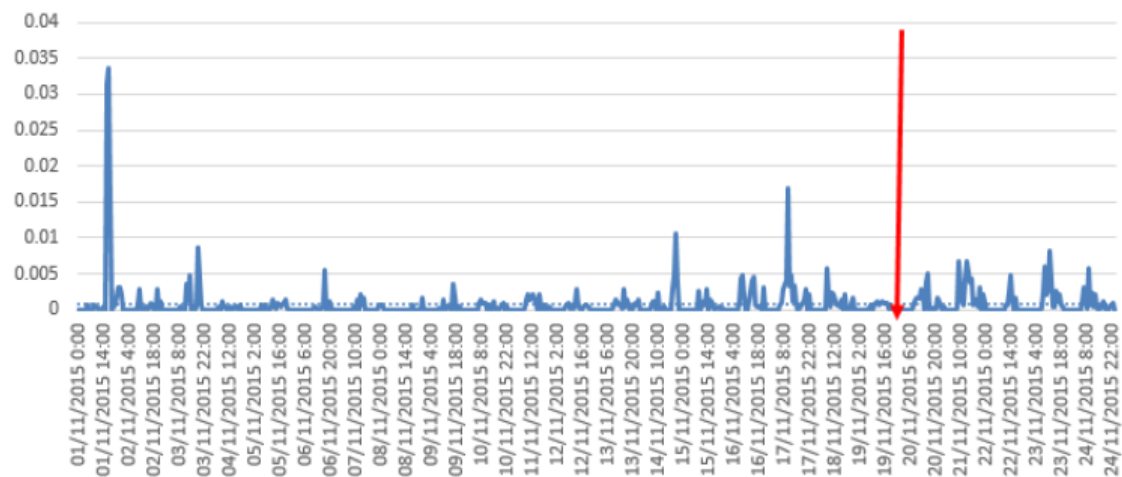


Fig. 42 Inaccesibilidad de Datos en Sitio B Fuente: propia

### Drop Call de Datos

Se conserva el patrón de comportamiento de las estadísticas de llamadas perdidas en PS en cada sitio y por consecuencia en el clúster. Las gráficas relacionadas con este indicador se muestran en las figuras 43, 44 y 45.

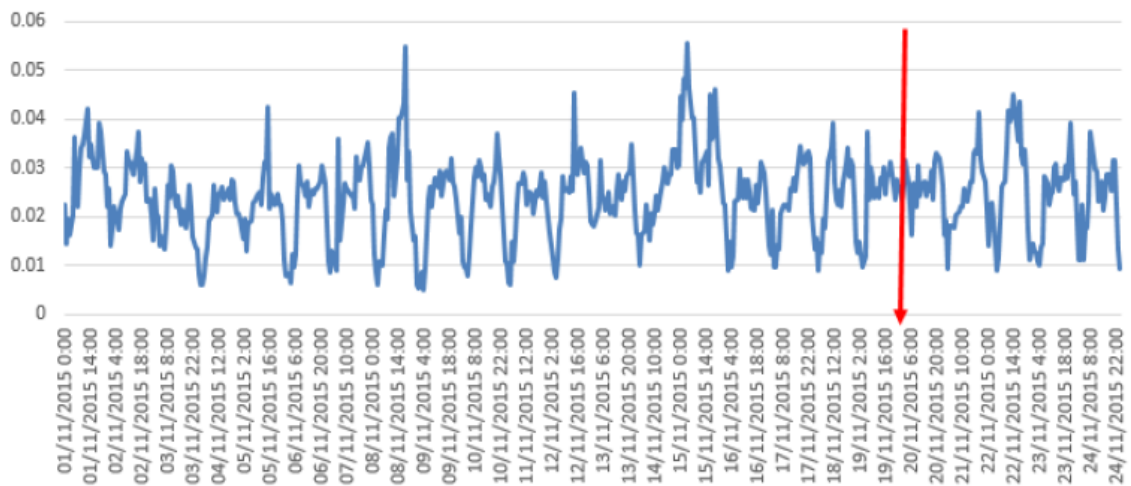


Fig. 43 Drop call de Datos Total Fuente: propia

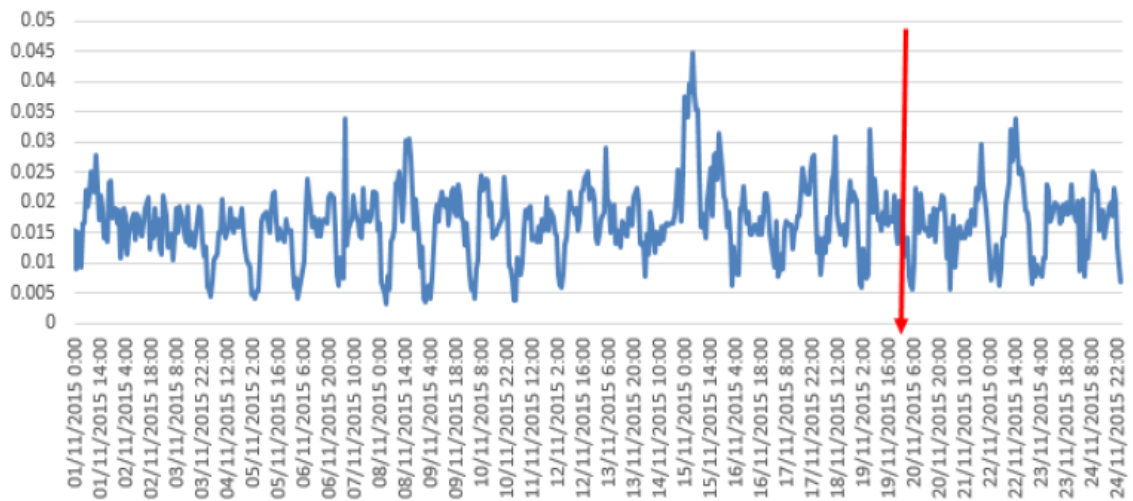


Fig. 44 Drop Call de Datos en Sitio A Fuente: propia

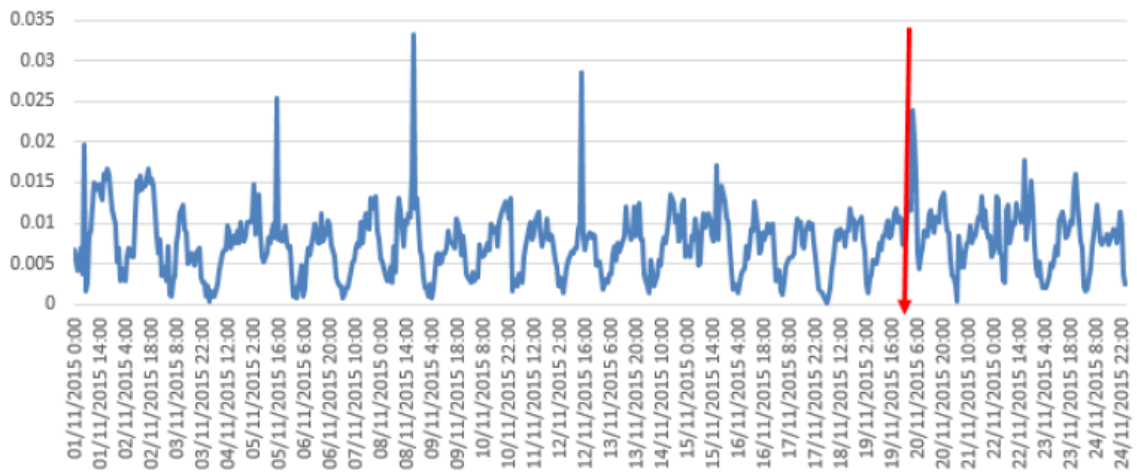


Fig. 45 Drop Call de Datos en Sitio B Fuente: propia

## Throughput GPRS

No existen cambios en la tasa de datos GPRS, se mantiene la tendencia a nivel de clúster y en cada sitio, como se observa en las figuras 46, 47 y 48.

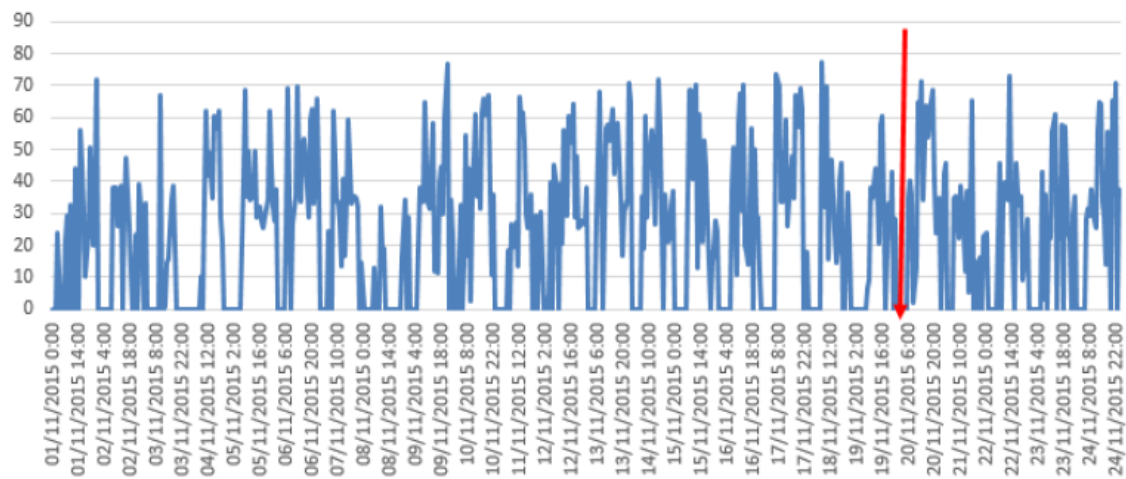


Fig. 46 Throughput GPRS Total Fuente: propia

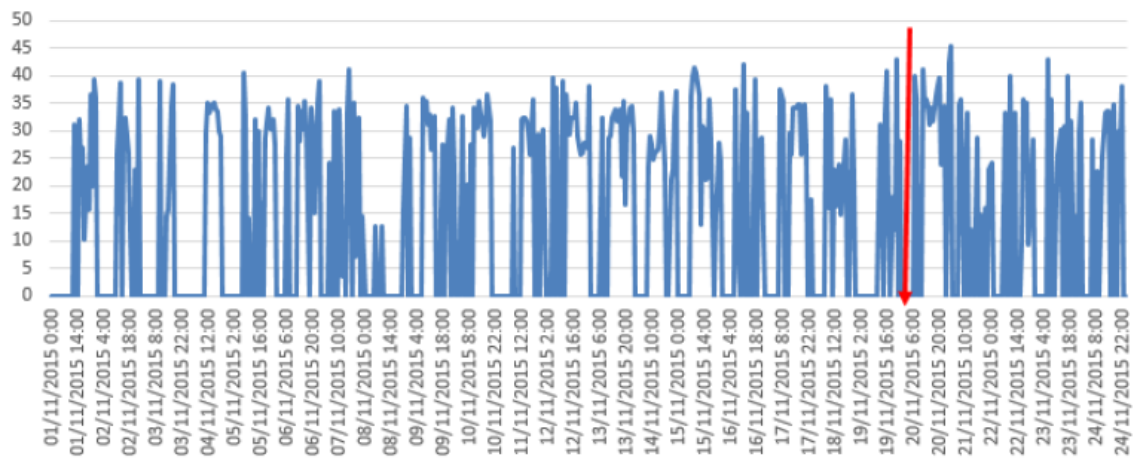


Fig. 47 Throughput GPRS en Sitio A Fuente: propia

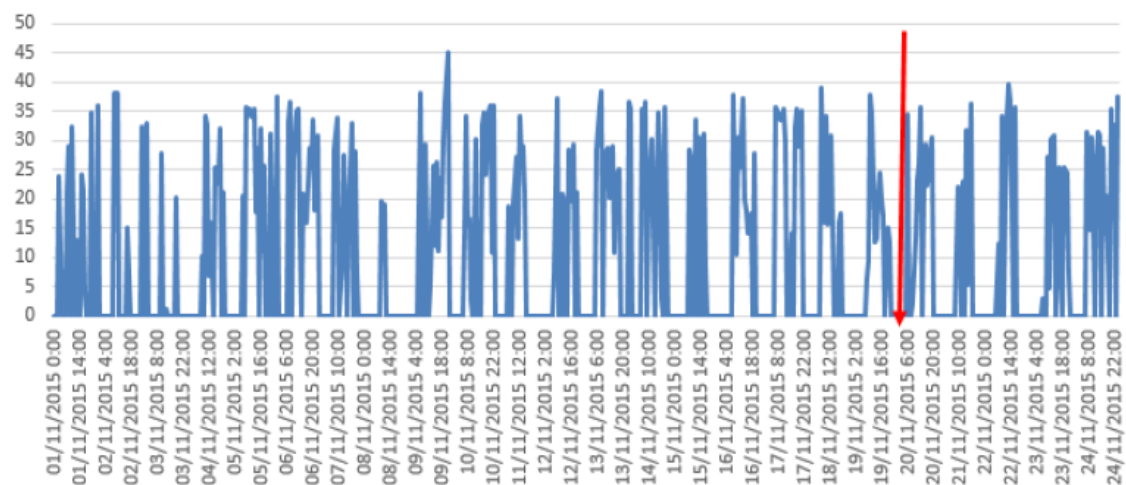


Fig. 48 Throughput GPRS en Sitio B Fuente: propia

## Throughput EDGE

Tampoco hay variación en la tasa de datos en EDGE, similar a lo verificado en GPRS. La tendencia se mantiene en las estadísticas del Throughput EDGE tanto en el clúster como en los sitios. Ver figuras 49, 50 y 51.

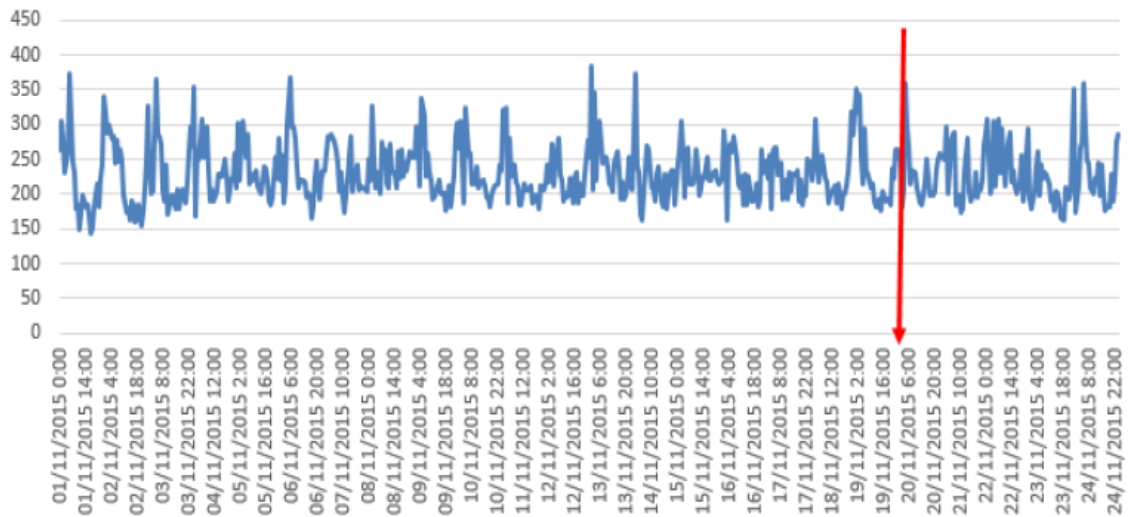


Fig. 49 Throughput EDGE Total Fuente: propia



Fig. 50 Throughput EDGE en Sitio A Fuente: propia



Fig. 51 Throughput EDGE en Sitio B Fuente: propia

## 5.2.2 Impacto en la calidad del servicio UMTS

### Inaccesibilidad de voz

Similar a lo mostrado en 2G, se observa una reducción en los valores pico de inaccesibilidad de voz a partir de los cambios del 20 de noviembre de 2015, como se muestra en las figuras 52, 53 y 54.

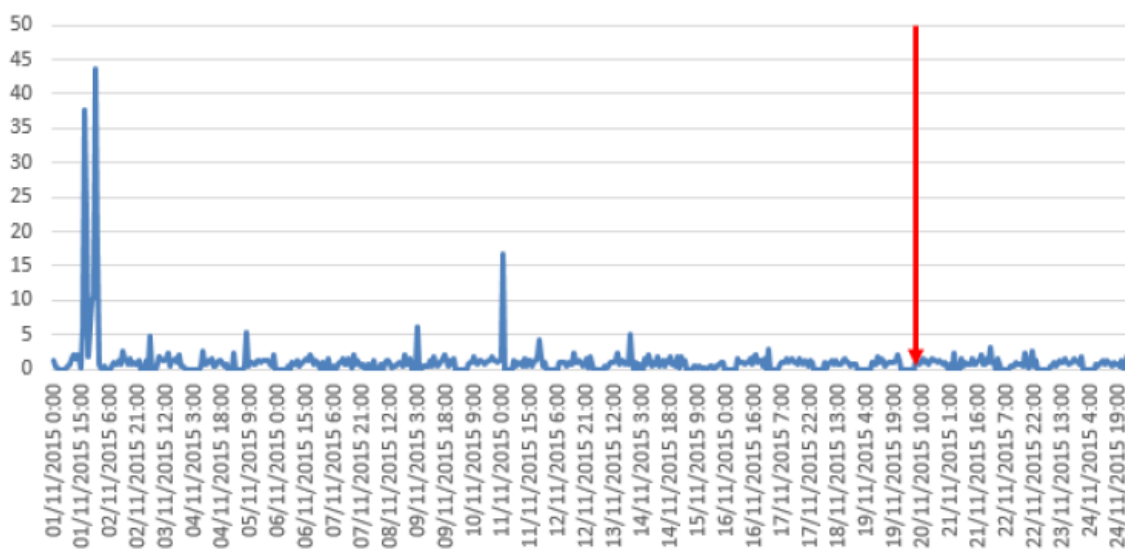


Fig. 52 Inaccesibilidad de Voz Total Fuente: propia



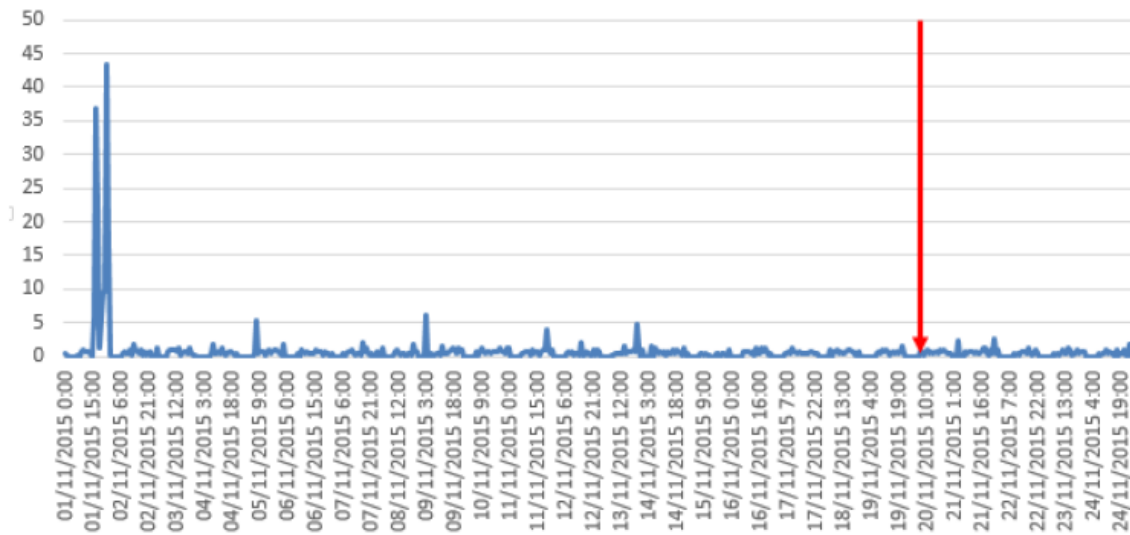


Fig. 53 Inaccesibilidad de Voz en Sitio A Fuente: propia

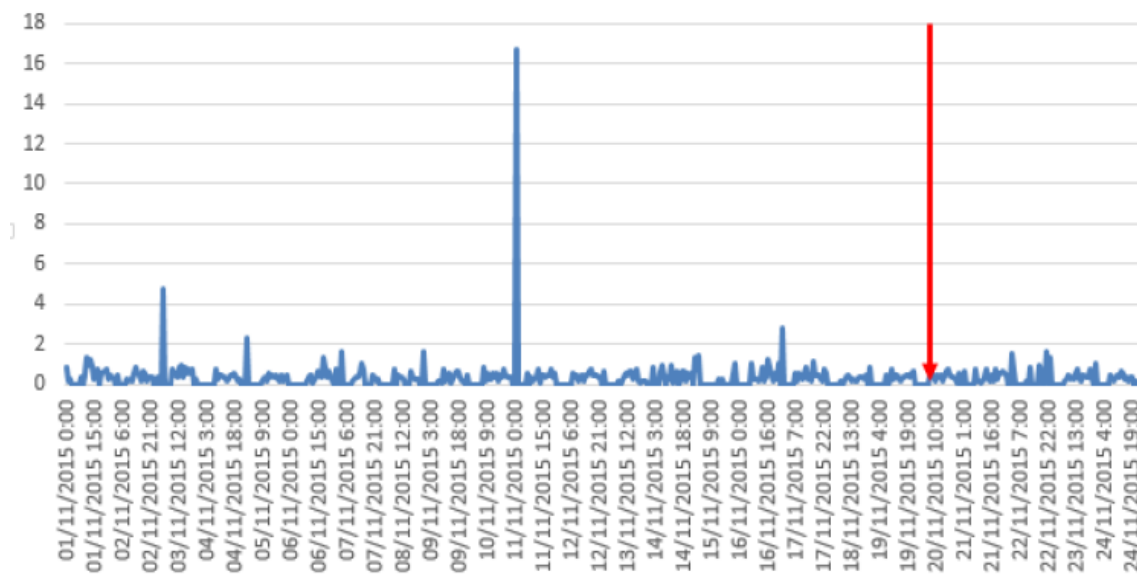


Fig. 54 Inaccesibilidad de Voz en Sitio B Fuente: propia

## No Retenibilidad

Se conserva la misma tendencia para este indicador, no existen mayores variaciones. Tal como ocurrió en la red GSM, ver figuras 55, 56 y 57.

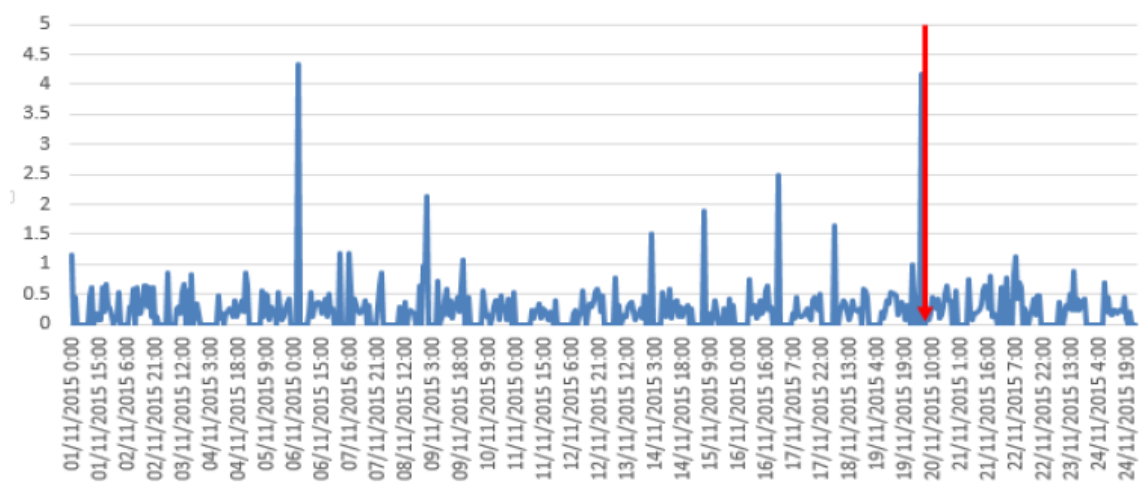


Fig. 55 No Retenibilidad de Voz Total Fuente: propia

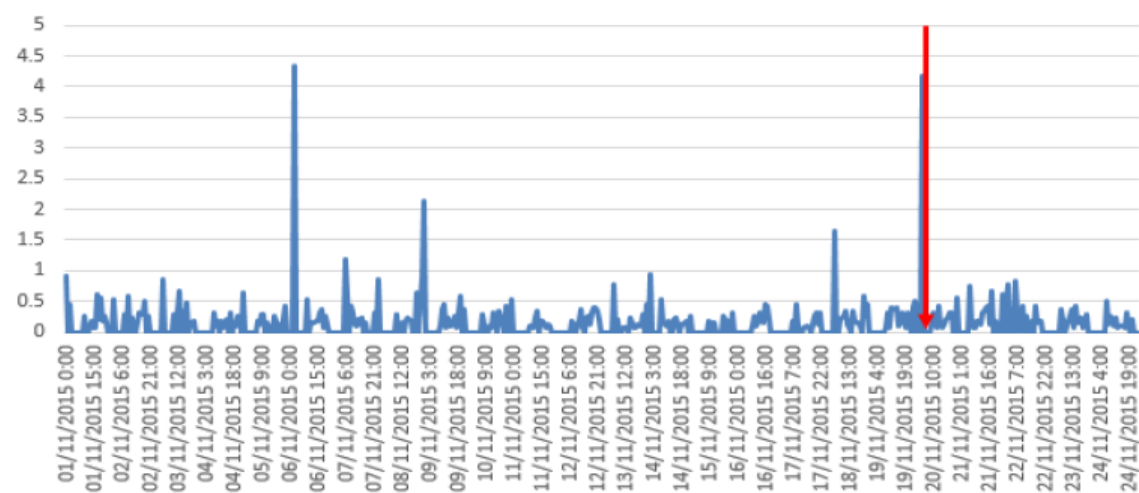


Fig. 56 No Retenibilidad de Voz en Sitio A Fuente: propia

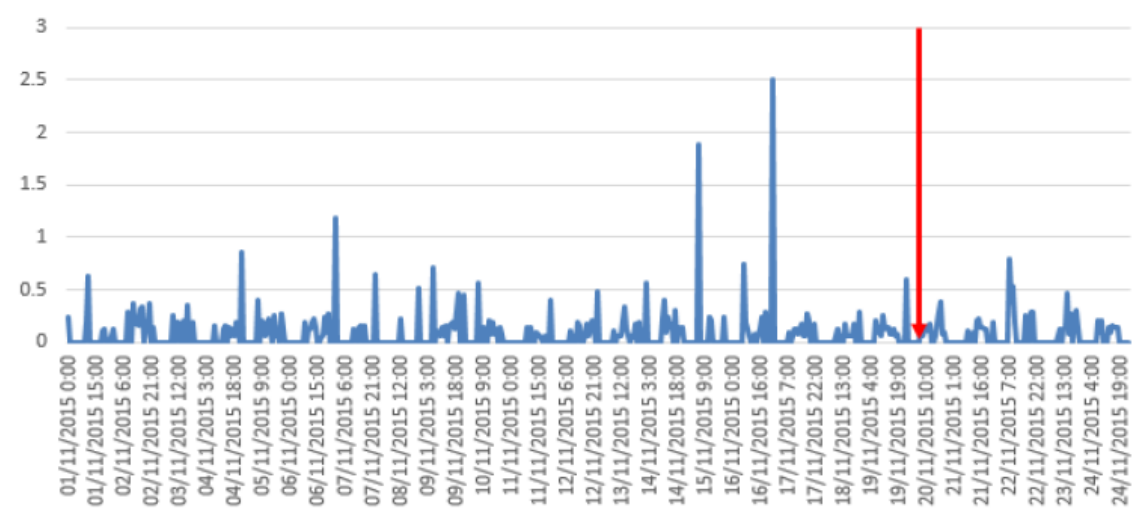


Fig. 57 No Retenibilidad de Voz en Sitio B Fuente: propia



Speech Quality

La calidad de voz se conserva para ambos sitios y por consecuencia para el cluster. En las figuras 58, 59 y 60 se puede apreciar la tendencia a nivel de estadísticas.

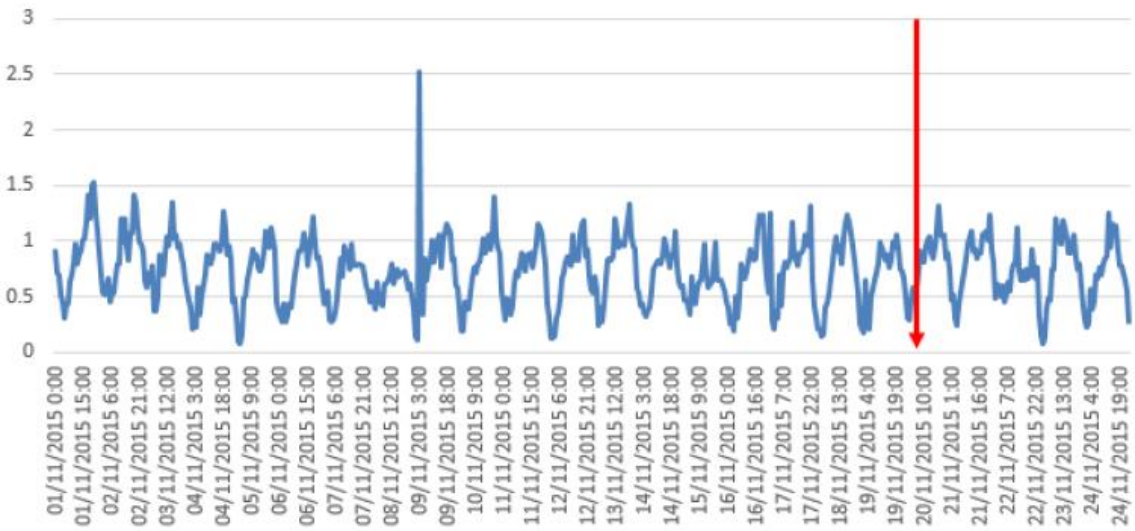


Fig. 58 Speech Quality Total Fuente: propia

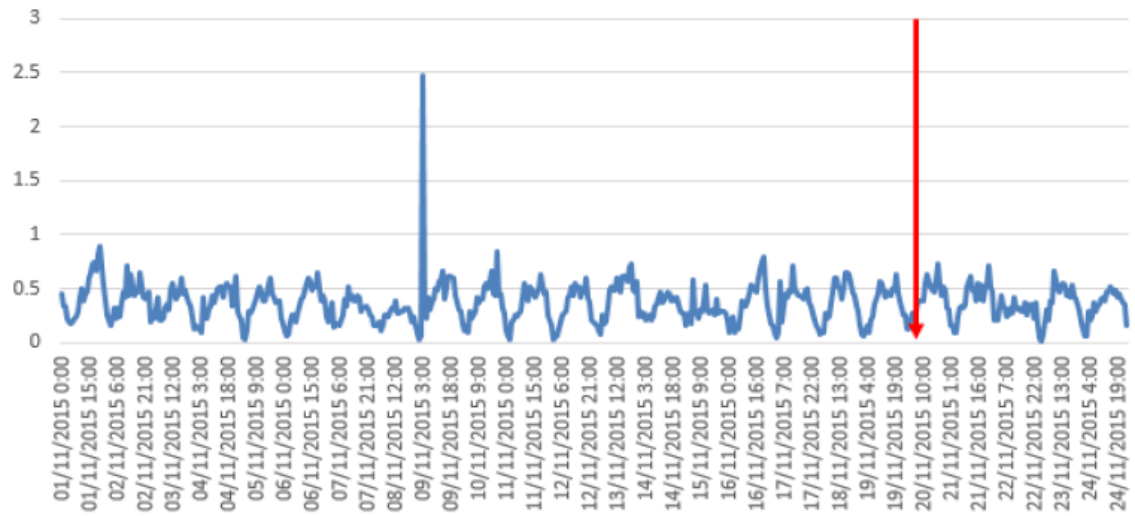


Fig. 59 Speech Quality en Sitio A Fuente: propia

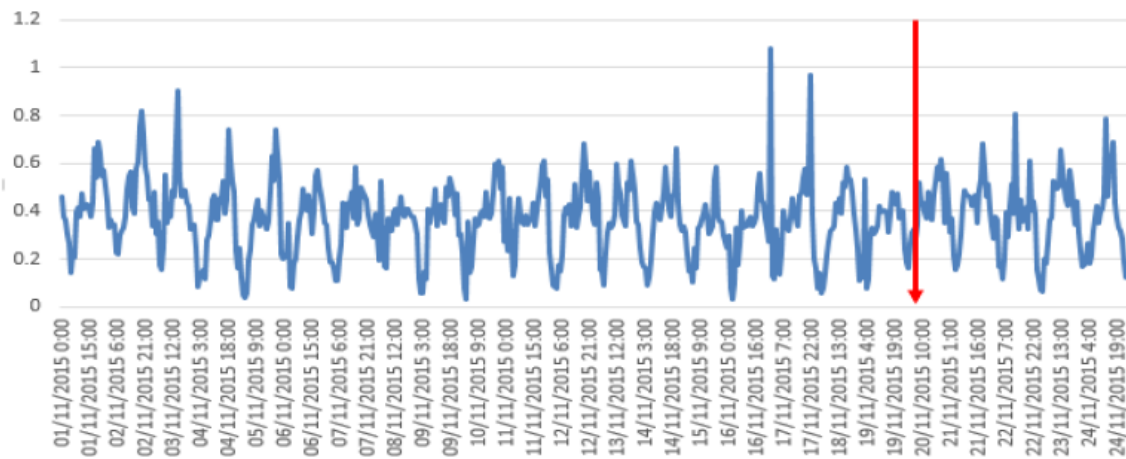


Fig. 60 Speech Quality en Sitio B Fuente: propia

### Inaccessibilidad de Datos

No se observa un cambio en el patrón de comportamiento de la Inaccessibilidad de datos tanto a nivel de clúster como en cada sitio. Se mantiene la tendencia como muestran las figuras 61, 62 y 63.

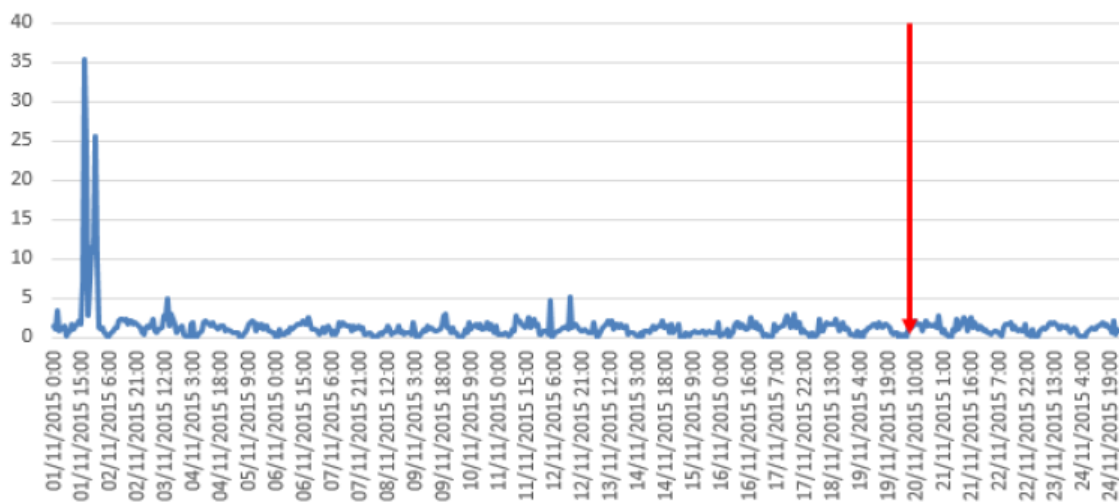


Fig. 61 Inaccessibilidad de Datos Total Fuente: propia

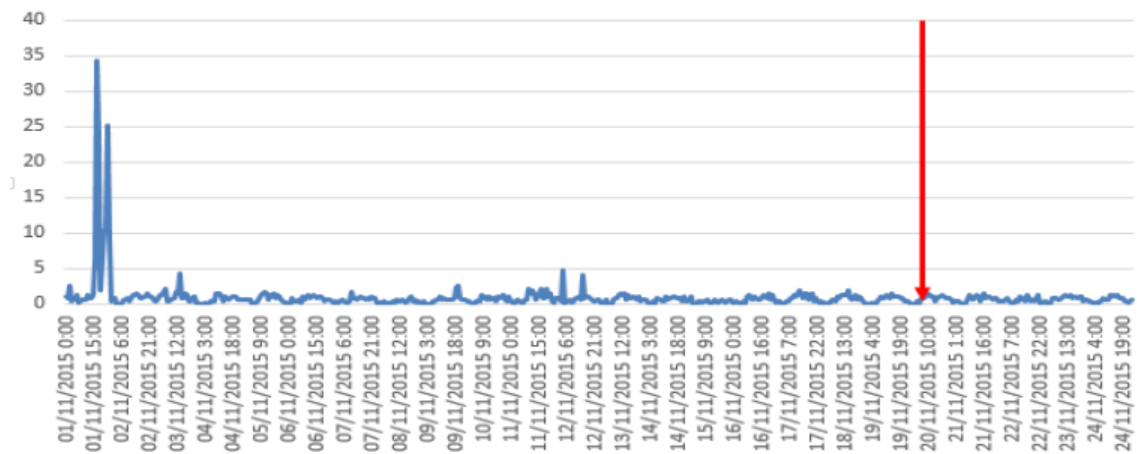


Fig. 62 Inaccessibilidad de Datos en Sitio A Fuente: propia

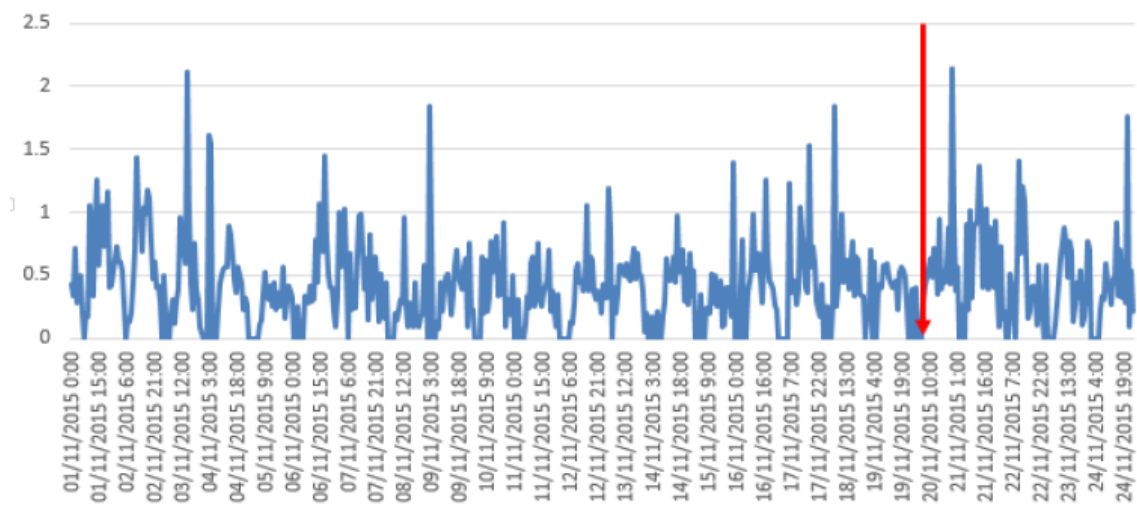


Fig. 63 Inaccessibilidad de Datos en Sitio B Fuente: propia

### No Retenibilidad de Datos

Tampoco hay cambios en el patrón de comportamiento de la inaccesibilidad de datos tanto a nivel de clúster como en cada sitio. Ver figuras 64, 65 y 66.

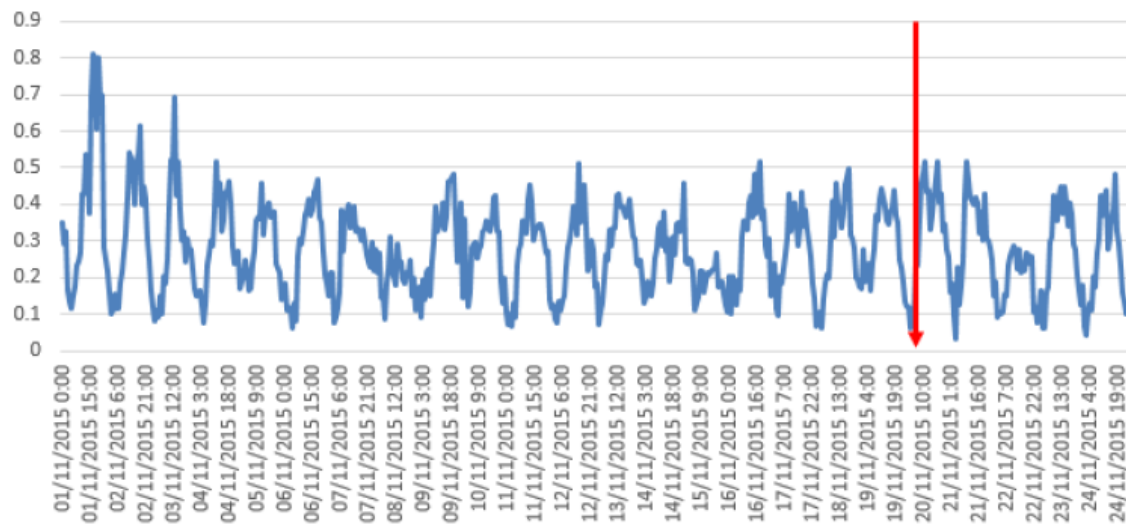


Fig. 64 No Retenibilidad de Datos Total Fuente: propia

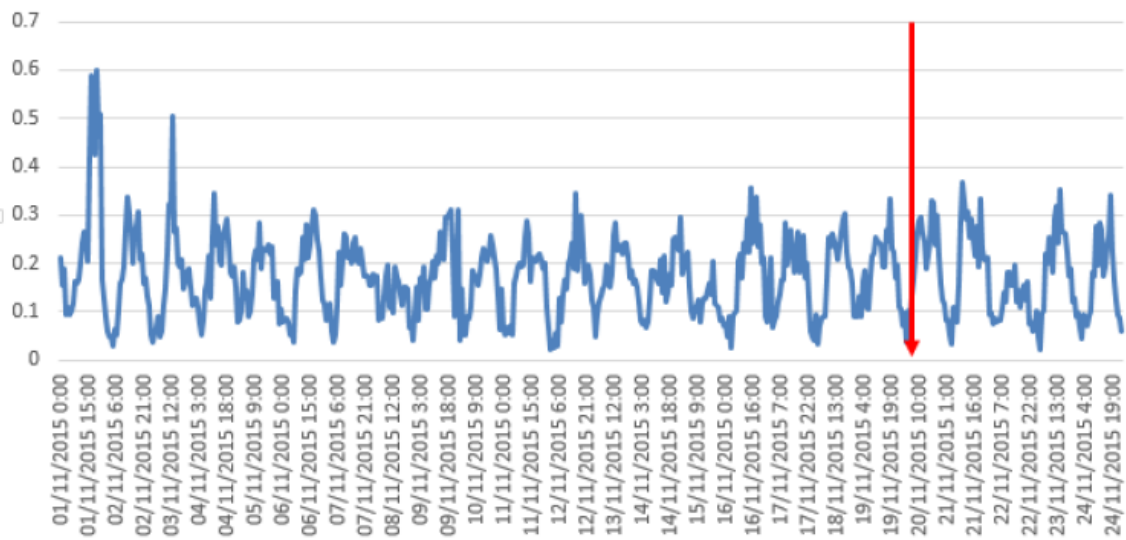


Fig. 65 No Retenibilidad de Datos en Sitio A Fuente: propia

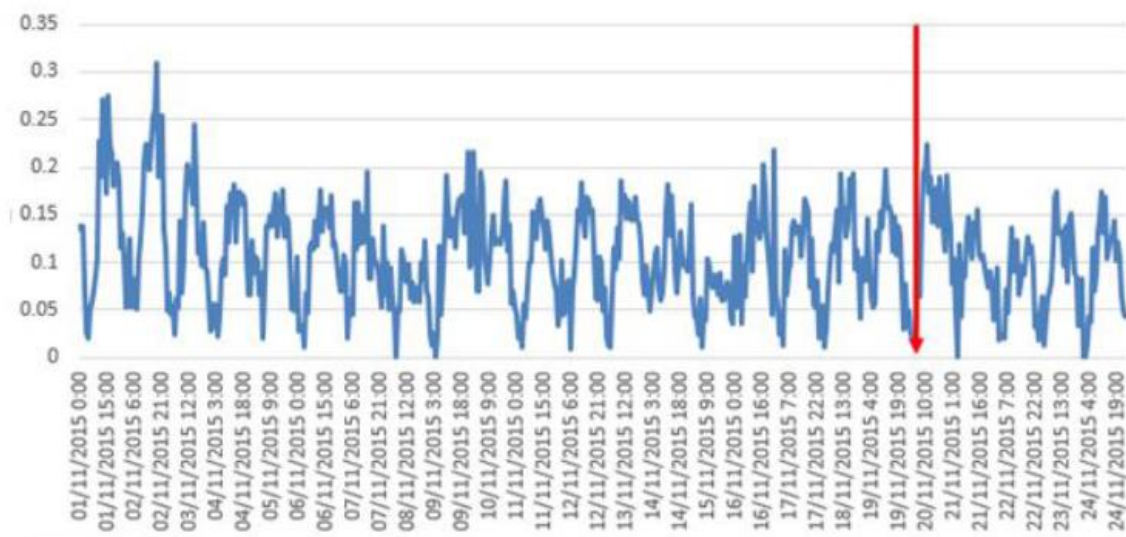


Fig. 66 No Retenibilidad de Datos en Sitio B Fuente: propia

### 5.2.3 Determinación del impacto en el servicio

Finalmente, se presenta un cuadro estadístico con los promedios de los indicadores analizados en las tablas 3 y 4.

GSM/GPRS/EDGE (2G)		Promedio Antes 20/11/2015	Promedio Después 20/11/2015	Comparativo
Circuit Switched Inaccessibility	CS_IA	0.009258433	0.005888193	Mejora
Circuit Switching Dropped-Call	CS_DC	0.010145943	0.010580579	-
Speech Quality	SPEECH_Q	0.040511623	0.036507851	-
Packet Switched Inaccessibility	PS_IA	0.000828618	0.000740909	Mejora
Packet Switched Dropped-Call	PS_DC	0.012039693	0.012540909	-
Throughput DL GPRS Kbps	THRPUT_GPRS_Kbps	12.12570586	12.4598423	-
Throughput DL EDGE Kbps	THRPUT_EDGE_Kbps	114.9864479	114.9669417	-

Tabla 3. Comparación estadística de KPIs GSM Fuente: propia

UMTS (3G)		Promedio Antes 20/11/2015	Promedio Después 20/11/2015	Comparativo
Circuit Switched Inaccessibility	3G CS Inaccessibility (%)	0.573471026	0.371337573	Mejora
Circuit Switched Non Retainability	3G CS Non Retainability (%)	0.111806813	0.129863636	-
Speech Quality	3G SpeechQuality (%)	0.365481319	0.372135537	-
Packet Switched Inaccessibility	3G PS Inaccessibility (%)	0.675267898	0.546226349	Mejora
Packet Switched Non Retainability	3G PS Non Retainability (%)	0.141612198	0.133706198	-

Tabla 4. Comparación estadística de KPIs UMTS Fuente: propia

En los resultados obtenidos se aprecian pequeñas variaciones favorables en los indicadores de accesibilidad en CS y PS en GSM/UMTS, los restantes indicadores se mantienen relativamente constantes. Cabe recalcar que el performance de los sitios A y B no se encontraba deteriorado y cumplía con las exigencias del organismo de control.

En locaciones geográficamente más distantes donde probablemente el cumplimiento de las condiciones de concesión para un operador móvil está más ajustado, se obtendrán mayores variaciones.

Un ejemplo de caso de éxito en el afinamiento de la red de sincronismo se ha incluido en el Anexo 3.

## 6. Conclusiones y Recomendaciones

### 6.1 Conclusiones

- Con los criterios indicados en las recomendaciones ITU y la especificación ESTI se identificó un escenario posible en el cual era altamente probable que la referencia de reloj de la red síncrona se haya deteriorado lo suficiente para no cumplir con las normas.
- De acuerdo a lo planificado se realizaron las mediciones necesarias en los sitios de interés para el estudio y se evidenció que la calidad de la señal de referencia de temporización en un punto distante de una red de transporte síncrona sufre un deterioro considerable, ya que con cada salto se deteriora paulatinamente hasta el punto que ya no es adecuada para sincronizar un ADM.
- Se ha demostrado que al rediseñar una red de sincronismo, insertando una nueva referencia PRC en un punto intermedio se impacta positivamente en las referencias de frecuencia y fase con las que una red de transporte SDH opera en sus extremos más alejados.
- A nivel estadístico se observó una mejora en los indicadores de accesibilidad de voz y datos en GSM/UMTS, ya que existió una ligera disminución en el porcentaje de inaccesibilidad después de efectuar las modificaciones propuestas.
- El mejoramiento del sincronismo en una red de telefonía móvil impacta directamente en la percepción del cliente y constituye una ventaja para el operador, al aumentar la disponibilidad de recursos de red al tiempo que se evitan errores no deseables en la red transporte.
- La mejora en los indicadores 3G es mayor que la observada en indicadores 2G, debido a que los sistemas GSM son menos exigentes; es decir, más tolerantes a errores que los sistemas UMTS en lo que a sincronismo se refiere.
- Este estudio es el punto de partida para varios estudios posteriores cuyo objetivo es evaluar la posibilidad de mejorar la calidad de las comunicaciones de un operador en el Ecuador.

## 6.2 Recomendaciones

- Evaluar el impacto en un escenario más grande, escoger por ejemplo una ciudad de tamaño mediano y mejorar la referencia de temporización en su red de transporte SDH. Tener presente que al rediseñar dicha red de sincronismo se debe tener especial cuidado en evitar lazos de sincronismo.
- Tener presente que las tecnologías de generaciones superiores como LTE o LTE Advanced requieren mayor calidad de sincronismo no únicamente en frecuencia y fase, sino que adicionalmente necesitan una referencia de tiempo confiable.
- Incluir en futuras evaluaciones drive tests con equipos de medición que permitan tomar mediciones del índice de calidad de voz y datos; de esta manera se podrán crear mapas georeferenciados que faciliten observar deficiencias en las redes, establecer estrategias para mitigar dichos inconvenientes y asegurar una mejor experiencia de usuario.
- Otra razón para incluir drive tests es verificar éxito en la ejecución del Handover. En una red bien sincronizada, el cliente debería percibir un Handover más “suave”. Además de asegurar la estabilidad de las frecuencias de los canales de aire, reduciendo la interferencia entre celdas adyacentes. Para ello es conveniente incorporar en el análisis KPIs de movilidad.
- Iniciar nuevos estudios donde se considere un mejor afinamiento en sincronismo para redes de tecnologías heterogéneas o híbridas ampliamente utilizadas por los operadores dentro del territorio ecuatoriano, incluyendo los nuevos mecanismos de sincronización disponibles.
- Aplicar mejoras en sincronización para comunicaciones entre operadores, donde usualmente existen deficiencias en los puntos de interconexión que impactan en la calidad del servicio y la experiencia del usuario.
- Considerar las tecnologías de generaciones superiores, cuyas exigencias en sincronismo son mucho mayores, como es el caso de redes LTE FDD que poco a poco amplían cobertura e incrementan vertiginosamente el número de abonados.



## Bibliografía

- [1] 3GPP. (2014). *TS 32.410 V12.0.0 "Telecommunication management, Key Performance Indicators (KPI) for UMTS and GSM"*. 3rd Generation Partnership Project, Technical Specification.
- [2] Arcotel. (2003). *Plan Técnico Fundamental de Sincronismo PTFSI*. Quito Ecuador.
- [3] Bregni, S. (1996). *Measurement of Maximum Time Interval Error for Telecommunications Clock Stability Characterization*, *IEEE Trans. Instrum. Meas.* Milano Italy.
- [4] Ecuador, A. C. (2008). *Constitución Política de la República del Ecuador, Título I, Elementos constitutivos del estado, Capítulo I Principios fundamentales, Art. 52*. Montecrist Ecuador.
- [5] Huawei, Technologies. (2012). *KPI Reference*. Shenzhen People's Republic of China.
- [6] ITU, T. (1997). *Recommendation G.811 "Timing Characteristics of Primary Reference Clocks"*. Standardization Sector of ITU.
- [7] ITU, T. (2000). *Recommendation G.803 "Architecture of transport networks based on the synchronous digital hierarchy (SDH)"*. Standardization Sector of ITU.
- [8] ITU, T. (2000). *Recommendation G.823 "The control of jitter and wander within digital networks which are based on the 2048 kbit/s hierarchy"*. Standardization Sector of ITU.
- [9] ITU, T. (2003). *Recommendation G.813 "Timing characteristics of SDH equipment slave clocks (SEC)"*. Standardization Sector of ITU.
- [10] ITU, T. (2004). *Recommendation G.812 "Timing requirements of slave clocks suitable for use as node clocks in synchronization networks"*. Standardization Sector of ITU.
- [11] Kaaranen, A. L. (2005). *UMTS Networks*. Chichester: John Wiley & Sons, Ltd.
- [12] Microsemi. (2013). *White Paper, Timing and Synchronization for LTE-TDD and LTE-Advanced Mobile Networks*. San Jose California USA.
- [13] NSN, Nokia Siemens Network. (2007). *Database Description for BSC Measurements: Raw Tables*. Espoo Finland.
- [14] Punz, G. (2010). *Evolution of 3G Networks*. Germany: SpringerWienNewYork.
- [15] Symmetricom. (2009). *Deployment of Precision Time Protocol for Synchronization of GSM and UMTS Basestations*. San Jose California USA.
- [16] van Helvoort, H. (2005). *SDH/SONET Explained in Functional Models*. Chichester: John Wiley & Sons, Ltd.



## Anexos

### Anexo 1

#### SSU-2000



DATASHEET

## SSU 2000/SSU 2000e

Synchronization Supply Unit (SSU)  
for Carrier-Grade Networks



SSU 2000



SSU 2000e

#### Key Features

- High capacity, modular system
- Integrated GNSS (GPS and GLONASS)
- E1, T1, CC, RS-422 outputs
- NTP server with hardware time stamping
- IEEE 1588 (PTP) Grandmaster
- SyncE option on PTP ports
- RADIUS, SSH option
- Performance monitoring on all inputs
- Management: TL1 and ICS, option for SNMP
- TimePictra Synchronization Management System support

#### Key Benefits

- Single platform for TDM, NTP, PTP and SyncE
- Fully redundant for service delivery protection
- High capacity: E1 and T1 ports, NTP transactions, PTP clients
- Proven interoperability

#### Major Applications

- Primary Reference Source (PRS), PRC based on Global Navigational Satellite System (GNSS)
- SSU, Building Integrated Timing Supply (BITS), Stand Alone Synchronization Equipment (SASE), Timing Signal Generator (TSG)
- SDH/SONET, Ethernet, GPON networks
- 2G/3G and 4G/LTE networks
- Telecommunications, power utility, government and other private networks

The Microsemi SSU 2000 and SSU 2000e are fully manageable synchronization systems used by communications network operators to generate and distribute superior synchronization signals for their networks. The SSU 2000 conforms to ANSI standards and is NEBS certified, while the SSU 2000e is ETSI certified. Both systems use the same plug-in cards.

In addition to traditional frequency network timing capabilities for SDH/SONET networks, the SSU 2000/SSU 2000e supports packet network synchronization with carrier-grade Network Time Protocol (NTP) server and IEEE 1588 Precision Time Protocol (PTP) Grandmaster capabilities. The platform supports the seamless introduction of SyncE output capabilities elements into your network through the optical Ethernet port on the PTP grandmaster card. The SSU 2000 and SSU 2000e use the latest hardware and software integration technologies to provide a complete synchronization system for current and future network needs.

The SSU 2000/SSU 2000e is a key element in the Microsemi synchronization distribution architecture (SDA) for LTE networks, synchronizing frequency for backhaul networks with SyncE, supplying PTP sync for the 4G/LTE mobile stations, and providing NTP sync for residential small cells.

#### High Capacity, High Availability Architecture

The SSU 2000/SSU 2000e architecture is designed to integrate intelligent, functional cards into a flexible, fully redundant system to satisfy current capacity and synchronization technology requirements and allow incremental capacity growth and deployment of new capabilities with additional plug-in cards as they are needed.

The SSU 2000/SSU 2000e Synchronization Distribution Unit (SDU) expansion shelves connect to a corresponding SSU 2000/SSU 2000e main shelf to provide additional output signals. The expansion shelves use the framing and synchronization features of the main shelf to drive an array of output cards. Any combination of T1, E1/2048 kHz, Composite Clock and RS-422 output cards, as well as NTP and PTP server cards may be installed.

T1 and E1 output cards may be configured in redundant pairs providing 20 1+1 fully protected outputs per pair. A fully configured SSU 2000 system provides T1/E1 output total capacity of up to 1280 unprotected ports or 640 protected ports. A fully configured SSU 2000e system supports up to 480 protected or unprotected ports.

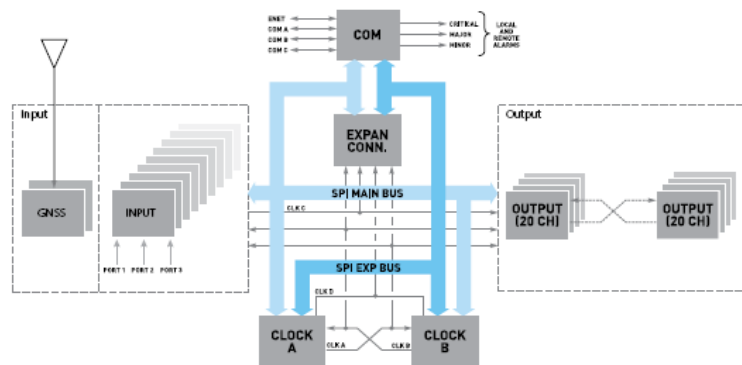
Both shelf systems support high capacity NTP and PTP cards in single server or 1:1 protected configurations. Additional server cards grow total system client capacity. SyncE is available as an option on the PTP cards.

# SSU 2000/SSU 2000e

Frequency input signals are passed through in case of multiple internal failures, including clock failures. The shelves accept dual DC power and provide independent power conversion on each card. All cards are individually fused to protect the system in case of a short circuit on any one card.

## Industry Standards Compliance, NEBS Level 3 Certification

The SSU 2000 and SSU 2000e are designed to meet the latest and evolving industry standards, including ANSI, Telcordia, ITU-T G.811, G.812, G.823, G.703, G.704, ETSI, IEEE 1588 and CE. The SSU 2000 is fully Network Equipment Building System (NEBS) Level 3 certified.



SSU 2000/SSU 2000e Block Diagram

## Intelligent Cards

Each card has an integrated CPU with software for superior reliability, flexibility and functionality. Cards can be hot-swapped while the unit is operating without any degradation of the output signals. Each intelligent card supports the management of critical, major and minor alarms. Powerful management can be performed to and within each card through the communication card, including in-service upgrades of software and programmable logic devices.

**Auto-reconfiguration:** If a card is removed and a like card installed in the same slot, the new card will be automatically configured to the same settings as the previous card.

## GNSS Cards

The SSU 2000/SSU 2000e integrates single or dual satellite system receiver cards to meet primary reference clock requirements. Integrated capability delivers these key benefits:

- Flattens the number of levels in the synchronization distribution hierarchy
- Improves the overall performance of the network
- Lowers the overall OAM&P costs (Operation, Administration, Maintenance, and Provisioning).

- Single unit PRS
- UTC traceable time source for integrated PTP grandmaster clocks and NTP servers

Two cards are available: The GNSS card supports GPS and GLONASS signals and can be locked to either one or both simultaneously. Also available is a dedicated GPS-only card.

## Input Cards

The SSU 2000 accepts up to nine input cards; the SSU 2000e accepts up to three input cards. The platform supports the following input signals:

- T1 (framed)
- E1 (framed)
- SSM quality
- JSW and JCC (Japan)
- 1 MHz (sine or square)
- 1.544 MHz (sine or square)
- 2.048 MHz (sine or square)
- 5 MHz (sine or square)
- 10 MHz (sine or square)

In the SSU 2000e each input slot supports connections for termination, bridging, monitoring and traffic pass-thru. These

connectors provide performance monitoring, impedance termination and traffic pass through to network elements and input references.

Various input impedance panels are available for the SSU 2000 to support the following balanced or unbalanced signal impedances:

- 50 ohms (sine)
- 75 ohms (T1/E1)
- 100 ohms (T1)
- 120 ohms (E1)
- 133 ohms (CC)
- High impedance for timing extraction only (bridging mode)
- Panel/adaptor connection interfaces:
  - Wire wrap
  - BNC
  - Siemens
  - DE-9

Input signals are passed through to corresponding outputs in case of multiple internal failures, including clock failures.

Fuente: <http://www.microsemi.com/products/timing-synchronization-systems/time-frequency-distribution/modular-solutions/ssu-2000-and-ssu-2000e#documents>

# TimeProvider 2700

Edge Grandmaster Clock



## Features

- IEEE 1588-2008 Precision Time Protocol grandmaster
- GNSS (GPS and GLONASS), Primary Reference Time Clock (PRTC)
- Mitigates impact of backhaul noise, packet delay variation and asymmetry
- Designed to meet the ITU-T G.8275.2 profile for phase synchronization
- ITU-T G.8275.1 phase/time synchronization support
- Scalable PTP output capacity
- Gigabit Ethernet interfaces
- Synchronous Ethernet, input and output
- E1/T1, input or output (option)
- 10 MHz, PPS and TOD output
- PTP input (option)
- DC or AC power models
- OCXO or rubidium holdover oscillator models
- Local and remote CLI, web interface, SNMP traps
- TimePicta Synchronization Management System support

## Benefits

- Sync solution for the mobile network edge: 4G/LTE and small cells
- No change out or upgrade of network hardware
- Mitigates impact of backhaul noise, packet delay variation and asymmetry
- Synchronization protection for high network availability
- Preserves current MPLS network engineering

## Applications

- LTE-FDD, LTE-TDD, LTE-A networks
- Ethernet backhaul networks

The Microsemi TimeProvider® 2700 is an IEEE 1588 Precision Time Protocol (PTP) grandmaster scaled and optimized to enable deployment of small cells and meet the stringent phase timing and synchronization requirements of 4G/LTE networks. It is designed for deployment in networks following the approach detailed in the ITU-T G.8275.2 assisted partial timing support PTP profile.

With an integrated GNSS receiver (GPS or GLONASS) the TimeProvider 2700 meets applicable performance requirements of the ITU-T G.8272 standard for a

Primary Reference Time Clock (PRTC).

The TimeProvider 2700 offers the optional capability to accept PTP input and operate as an advanced boundary clock to complement and backup the GNSS signal. Additional output capabilities allow it to support legacy frequency timing applications, including E1/T1, 10 MHz, pulse per second (PPS) and time of day (TOD).

When deployed with Microsemi's TimePicta® synchronization management system, carriers can also benefit from superior monitoring information and management capabilities.

## Edge Master Clocks

The continuing evolution of mobile network technologies has driven the need for increased accuracy and greater availability of timing and synchronization signals. At the same time, backhaul networks with high packet delay variation present timing "jitter variation" and asymmetry challenges that are difficult to solve with current solutions. Furthermore, deploying a GNSS receiver at every location is impractical, particularly in many small cell environments. Together, these issues create the need for a new overall Synchronization Distribution Architecture for LTE networks.

Edge Master clocks are PTP synchronization solutions designed for deployment in current networks by locating a grandmaster at or near the edge or by overlaying the network with advanced boundary clocks at planned locations. They enable mobile network transitions to include small cells, and they support the stringent LTE-TDD and LTE-A phase and time requirements without overhauling the current backhaul network. In frequency synchronized networks (LTE-FDD, as well as 2G/3G), Edge Master equipment can be deployed to eliminate timing issues caused by diverse technologies in the backhaul network, high packet delay environments, and asymmetry inherent in Carrier Ethernet networks.

The TimeProvider 2700 is a PTP Grandmaster scaled for deployment at or near the edge of the backhaul network instead of closer to the network core. Also included in the Edge Master category, the TimeProvider 2300 is an advanced PTP boundary clock which can be deployed at select locations in the backhaul network to support precision time distribution to the mobile base stations. Together, Edge Master products enable synchronization distribution solutions that allow the mobile network to continue to evolve without retrofit of existing backhaul equipment and without changes to current network design and switching/routing policies.

# TimeProvider 2700

## Specifications

### GNSS Receiver

- 32 channel GNSS L1 receiver
- Choice of either GPS: 1575.42 MHz or GLONASS: 1601.5 MHz, software configurable
- Connector to antenna: SMA (f)
- Impedance: 50  $\Omega$
- Voltage to antenna: 5 VDC

### Interfaces

- 1 AC power model, IEC 60320 C14 socket
- 1 DC power model, dual -48 VDC terminal block
- 1 Reset button
- 1 RS232 serial console port, (57,600 bps), DB9
- 1 Gigabit Ethernet – Management port
  - Shielded RJ45, 100/1000 BaseT Ethernet
- 2 Gigabit Ethernet – PTP/SyncE input and output combo ports support either:
  - Shielded RJ45, 100/1000 BaseT Ethernet
  - SFP (optional), 1000 BaseX
 One combo port is reserved for use as a PTP output (master) and the other combo port is reserved for the use as an optional PTP input (client)
- 1 E1 or T1 input or output, software configurable, shielded RJ45 (option)
  - G.703/9, G.823/G.824 syno interface compliance
- 1 Time of Day (TOD) output port, RS422 data (9600 Baud) with pulse per second (PPS) signal, shielded RJ45
- 1 10 MHz or 1 PPS output port, BNC (f)
- 1 L1 GNSS input port, SMA (f), 50  $\Omega$
- 2 Grounding lugs

### IEEE 1588-2008 PTP Support

- PTP output client capacity: 8 in basic models, expandable to higher capacity upon request.
- Up to 128 messages per second per unicast client
- One-step and Two-step clock
- PTP profiles
  - ITU-T G.8265.1 (layer 3 unicast, IPv4)
  - Telecom-2008 profile (layer 3 unicast, pre-standard ITU-T G.8265.1, IPv4, configurable to support G.8275.2 profile parameters)
  - Ethernet-default profile (layer 2 multicast, IEEE 1588-2008 Annex F)
  - Default profile (layer 3 multicast, IEEE 1588-2008) (optional)
  - ITU-T G.8275.1 phase/time profile
- VLAN (802.1Q, 802.1p). Up to 64 unique VLANs.
- Best Master Clock Algorithm (BMCA)

### IEEE 1588-2008 PTP Input

- (optional licensed feature)
- Boundary clock function
- Multi-synco function uses both PTP input and a frequency input (SyncE or E1/T1). All configurable using reference priority or reference quality.

### Time and Frequency Accuracy

When tracking and locked to GNSS:

- Time: within 100 ns of UTC (conforms to ITU-T G.8272 sec. 6 for PRTC)

When tracking and locked to GNSS, or to a Cesium PRC:

- Frequency: G.811 frequency accuracy

### Holdover Performance

Oscillator	Phase $\pm 1.5$ $\mu$ sec	Phase 5 $\mu$ sec	Phase 10 $\mu$ sec	Freq 16ppb
OCXO	1 hour	4 hours	12 hours	1 month
Rubidium	24 hours	3 days	5 days	5 years

Holdover values are approximate and assume operation at constant temperature, no initial frequency or phase offset, and that the units has been powered on for 2 weeks and locked to GNSS for three consecutive days.

### Synchronous Ethernet

- SyncE can be used as a frequency input and it can be generated as an output (as a master).
- Conforms to relevant sections ITU-T G.8261, G.8262, and G.8264 Ethernet Synchronization Message Channel (ESMC)

### Network Support

- IPv4
- HTTP/HTTPS/SSL
- ICMP (RFC 792)
- DHCP client (RFC2131)
- IEEE 1588-2008 PTP
- IEEE 802.1Q, 802.1p VLAN filtering/tagging
- DSCP

### Mechanical

- Size: Height: 1.73 in. (44 mm); 1 RU  
Width: 17.24 in. (438 mm)  
Depth: 9.30 in. (237 mm)  
Depth: 10.07 in. (256 mm) – including connectors on faceplate
- Rack mounts: 19 in. and 23 in. rack mount options
- Weight: AC power models: 7.6 lbs (3.5 kg)  
DC power models: 8.1 lbs (3.7 kg)

### Environmental

- Acoustic noise level: 0 dBA (negligible due to passive cooling)
- Operating temperature
  - OCXO models: -40°C to +65°C, cold start at -20°C
  - Rubidium models: -5°C to +55°C
- Storage temperature: -40°C to +70°C
- Relative humidity: 5% to 95%

### Power

- DC power models: dual power feeds, -38.4 VDC to -72 VDC
- AC power models: 90-264 VAC, 50/60 Hz
- Power consumption
  - OCXO model with DC supply: 20 Watts (max), 17 Watts (typical)
  - Rubidium model with DC supply: 28 Watts (max), 20 Watts (typical)
  - OCXO model with AC supply: 43 Watts (max), 37 Watts (typical)
  - Rubidium model with AC supply: 60 Watts (max), 43 Watts (typical)

### EMC Compliance

- FCC Part 15 (Class A)
- AS/NZS CISPR22 (Class A)
- EN55022 (Class A)
- KN55022 (Class A)
- ICES 003 (Class A)

Fuente: [http://www.microsemi.com/document-portal/doc\\_download/133323-timeprovider-2700](http://www.microsemi.com/document-portal/doc_download/133323-timeprovider-2700)



# TimeProvider 1000/1100

## Network Access Synchronization



TimeProvider 1000

TimeProvider 1100

### Key Features

- Best in class clock performance with BesTime and SmartClock technologies
- PRS with Type II/Stratum 2E and Type I/Stratum 3E holdover
- Universal input and output cards
- E1, 2.048MHz, T1, 1.544MHz, CC
- NTP server/client with MD5 authentication
- E1 and T1 span line retiming
- SNMP management

### Key Benefits

- Small footprint suitable for small or medium sized central offices
- Flexible configuration: functions as a stand alone PRS with redundant rubidium and quartz clocks or as an SSU/BITS shelf
- Fully redundant and protected
  - Up to 64 1:1 protected and configurable outputs per system

The proliferation of high-speed data, broadband multimedia and circuit-to-packet convergence is rapidly driving the need for high quality synchronization outside the network core into metro and access. However, the synchronization economics and functional requirements of access nodes differ significantly from traditional core nodes. A reduced number of outputs, smaller footprint and lower cost points, while maintaining the PRS accuracy and SSU/BITS performance of a core office synchronization system, are still critical requirements for a small office synchronization solution. The Microsemi TimeProvider® 1000 and TimeProvider 1100 are ideally suited to meet this need.

The TimeProvider's innovative architecture combines the tasks of tracking incoming timing references, qualifying the signals, filtering and distributing precise synchronization onto a single universal Input, Output and Clock card (IOC). Available in rubidium and quartz versions, a second IOC card can be added to provide full input, clock redundancy and output protection. Local and remote provisioning and management of the TimeProvider 1000 and TimeProvider 1100 is performed through the Information Management Card (IMC).

## The TimeProvider System

### Main Shelf

The TimeProvider 1000 and TimeProvider 1100 main shelves house the IMC, the IOCs, and the input and output connector modules. The main shelf provides up to 32 outputs or provide a mix of E1/T1 retimed spans up to

The optional expansion panel provides up to 32 additional outputs, allowing a maximum of 64 protected configurable outputs.

### Standalone PRS

An integrated GPS option allows the TimeProvider 1000 and TimeProvider 1100 to be a standalone Primary Reference Source that meets GR 2830/G.811 requirements. Utilizing Microsemi's BesTime® technology, system outputs are constructed from the optimum characteristics of all synchronization sources.

The antenna can be installed up to 1,000 feet from the main shelf, without amplifiers and using traditional coaxial cables.

### Network NTP

Applications today demand accurate timing and time-stamps in order to deliver better QoS and improve network performance.

The TimeProvider 1000 and TimeProvider 1100 NTP solutions provide Stratum 1 traceability to operate as a Network Time Server or can be a client to retrieve time from peers. The NTP protocol supports the MD5 authentication for more secure communication.

### Input, Output And Clock Function

Innovative design employs the latest technologies to combine the input, output and clock functions in one compact card. This unique architecture enables two IOCs to provide redundancy and protection simultaneously.

# TimeProvider 1000/1100

The IOC Card provides:

- Input performance monitoring, qualification and selection
- Holdover based on rubidium or quartz with SmartClock™ technology
- Filtering and distribution of precise synchronization
- Retiming of E1/T1 circuits

## Management Function

The communication gateway of the TimeProvider 1000 and TimeProvider 1100 is the Information Management Card (IMC), which allows provisioning and management, collecting status information from the IOC cards and processing signal alarms. This information is provided to the network management system and/or craft provisioning software.

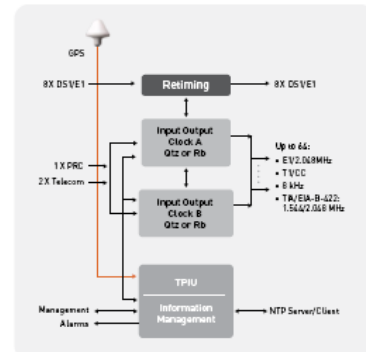
## BesTime Technology

The BesTime technology is based on a Multiple Input Frequency Lock Loop (MIFLL) architecture, designed to continuously analyze the relative stability of each source. During tracking and holdover modes, BesTime determines the optimum correction data and adaptively ensembles the input references to generate enhanced system performance.

## SmartClock Technology

Microsemi's SmartClock technology improves the performance and accuracy of the oscillators. Using smart firmware algorithms, SmartClock "learns" the effects of aging on the clock while it is locked to a reference signal and stores this information. When the incoming reference signals are

lost or disqualified, SmartClock applies the stored data to compensate for frequency changes, keeping a continuous distribution of highly stable synchronization signals.



## Specifications

### General

- Specifications: GR-2830, GR-1244, T1.101, G.811, G.812, G.823 and G.703
- Holdover
  - Rubidium IOC: Type II or Stratum 2E
  - Quartz IOC: Type I or Stratum 3E
- SSM: GR-378-CORE and ITU-T G.704
- Communications: RS-232 Serial (DB9), Ethernet (RJ45)
- NTP: Version 3 (RFC 1305) MD5 Authentication (RFC 1321)
- Management: TimeScan or TimePiotra
- Provisioning: TimeCraft
- Power: -36 to -72Vdc
- Operating temp.: 0°C to 50°C

### Antenna

- Type: Active antenna
- Cable type: RG-58 with TNC connector
- Impedance: 50 or 75  $\Omega$
- Cable length: Up to 1000 feet without amplifier
- Operating temperature: -35°C to +75°C

### Inputs

- Number of inputs: 1 x 2.048, 5 or 10 MHz, 1.544 or 6.312 MHz  
2x E1, 2.048 MHz T1, 1.544 MHz, 6.312 MHz, CC, JCC, JCC4 (subtended mode)
- Connectors: Wire wrap, BNC, Siemens, DB-9, SMB/Type 43

### Outputs

- Number of outputs: 64 per IOC  
Up to 32 output connections on main shelf  
Up to 32 additional output connections on expansion panel
- Types: T1, E1, 2.048 MHz, 8 kHz, CC, 1.544 MHz, 6.312 MHz, JCC and JCC4, T1A/EIA-B-422: 1.544 and 2.048 MHz
- Connectors: Wirewrap, BNC, Siemens SMB/Type 43 DB-9 (4 or 8 connector versions)
- Retimer: Maximum 8 E1/T1 circuits per main shelf  
Each retimer module retimes 2 E1/T1 circuits
- Connector type
  - E1: BNC
  - T1: Wire-wrap

### NTP Protocol

- Server mode: < 10 ms response time
- Server mode with MD5 authentication: < 50 ms response time
- Communication: 10BaseT, supporting 100 requests per second (RPS) on average
- Client time accuracy: < 10 ms between the internal NTP clocks of two machines on the same 10 Mb/sec Ethernet LAN with an unloaded network

### Mechanical

- Front access ETSI shelf: 7 in x 19 in x 10 in (178 mm x 484 mm x 258 mm)
- Rear access ANSI shelf: 5 in x 19 in x 10 in (132 mm x 434 mm x 258 mm)
- Expansion panel: 3.5 in x 19 in x 10 in (89 mm x 434 mm x 130 mm)

### Management

- TimePiotra
- TimeScan
- TimeCraft
- TL-1
- SNMP v2/v3

Fuente: <http://www.microsemi.com/products/timing-synchronization-systems/time-frequency-references/telecom-primary-reference-sources/timeprovider-1000-1100#documents>

## MTS-8000 Tester

### Optical Time Domain Reflectometer



#### Key Features

- Field installable single slot plug-in module for the MTS-8000
- Impressive speed and high performance testing (up to 128,000 acquisition points with 0.1 s real time sweep)
- Shortest event dead zone of 1 m, highest dynamic range of 44 dB at 1550 nm
- Automatic and advanced functions for maximum user flexibility
- Complete fiber characterization solution combining chromatic dispersion, polarization mode dispersion, and spectral attenuation testing capability in the MTS-8000 test platform
- Powerful report generation facilities using FiberTrace and FiberCable PC software

The optical time domain reflectometer (OTDR) is at the core of fiber optic characterization. Allowing measurement of fiber link attenuation, attenuation coefficient, reflection, splice/connector loss, and point of error, all as part of the fiber distance function

#### OTDR advanced optical modules for fiber characterization

The JDSU OTDR module range is the industry's fastest, offering the highest performance solution of any OTDR field instrument on the market.

The module's automation and rapid testing features offer impressive time savings for companies involved in commissioning and locating faults in optical fiber networks.

A wide range of field-interchangeable OTDR modules, including medium haul (DR), long haul (HD), and very long haul (VHD) testing capabilities, at any wavelength between 1310/1480/1550/1625 nm.

To enhance the modularity among the platforms, all MTS-5000 modules can be inserted into the MTS-8000 test platform.

With the MTS-8000's scalable design, companies can match their testing solutions of their unique network environments by purchasing only the features needed. This platform maximizes scalability, manageability, price/performance, and flexibility. As optical network technology changes, companies can easily upgrade the MTS-8000. This eliminates the need to purchase a new test set when testing more than one technology, and it reduces training time and costs. The combination of the OTDR module with the MTS-8000 test platform offers a lightweight, handheld, and rugged field instrument suitable for any OTDR measurement requirements.

The powerful communication capability of the MTS-8000 test platform offers users the ability to remotely control the unit, send data directly to the office, or access the data via internet.

## Specifications

### MTS-8000 BASE (typical at 25°C)

#### Display

TFT color, 10.4 inches, LCD 800 × 600  
TFT color, 10.4 inches,  
LCD 800 × 600, High visibility  
Touchscreen TFT color, 10.4 inches,  
LCD 800 × 600, High visibility

#### Storage

Internal memory 16 MB  
Hard disk (optional) min 20 GB  
Floppy disk drive (optional) 3.5 inches,  
MSDOS compatible  
CD read/write (optional)

#### Input/output interfaces

RS232C, 2 × USB, VGA RJ11 modem (optional),  
R45 Ethernet,

#### Powersupply, battery

Battery type standard removable  
Li-Ion batteries  
Operation time up to 16 OTDR hours  
with two batteries and standard display,  
Telcordia GR-196-CORE  
Internal charger yes  
Charging time <3 hours per battery  
Trickle charge yes  
DC input 19 to 25 V  
Power supply,  
AC/DC adapter Input 100 to 240 V,  
50 to 60 Hz, 1.8 A, output 19 V DC/3.1 A

#### Size (w×h×d)

Mainframe only 320 × 265 × 55 mm/  
(with back plate) 11.6 × 10.4 × 2.1 inches  
Mainframe +  
1 plug-in module + 260 × 320 × 116 mm/  
Battery pack 10.24 × 12.6 × 4.5 inches

#### Weight

Mainframe only 2.9 kg/6.39 lbs  
(with back plate)  
Mainframe + 5.4 kg/11.9 lbs  
1 plug-in module + Battery pack  
(with one battery)

#### Optical interfaces (optional)

#### Power meter

Power level +10 to -55 dBm,  
Calibrated wavelengths 850, 1310, 1550 nm  
Connector type universal push/pull

#### Talkset

Wavelength 1550 nm ± 20 nm  
Dynamic range >45 dB  
Function With data/file transfer,  
Laser safety Class 1 laser,  
Connector type Field interchangeable

#### VFL

Wavelength 635 nm ± 15 nm  
Output power level <1 mW  
Laser safety Class 2 laser,  
Connector type Universal push/pull

#### CW light source

Wavelengths (selection) 1310/1550/1625 nm  
Output power level -3.5 dBm  
Spectral width <5 nm  
Stability in 15 min ± 0.02 dB  
Stability in 8 hours ± 0.2 dB  
Laser Safety Class 1 Laser  
Connector type Field interchangeable

#### Video inspection scope

Magnify 250× or 400×, through USB port

### Environmental specifications

#### Temperature range

Operating on mains  
(no options) -20 °C to +50 °C (-4 °F to 122 °F)  
Operating, all options 0 °C to +4 °C  
(32 °F to 104 °F)

Storage -20 °C to +60 °C (-4 °F to 140 °F)

Humidity 95% without condensing

EMI/ESD CE compliant

### OTDR plug-in

(Typical at 25 °C)

#### OTDR characteristics

Distance units kilometers, feet and miles  
Group index range 1.30000 to 1.70000 nm  
in 0.00001 steps  
Number of data points Up to 128 000  
Distance measurements Automatic  
or dual cursor

Display span From 2.6 m up to  
maximum range  
(380 km for HD and VHD modules)

Display resolution 1 cm

Cursor resolution From 1 cm

Sampling resolution From 4 cm

Accuracy ± 1 m ± sampling resolution  
± 1.10<sup>-5</sup> × distance  
(excluding group index uncertainties)

Attenuation measurement Automatic,  
manual,

2-point, 5-point and LSA

Display span From 1.25 dB to 55 dB

Display resolution 0.001 dB

Cursor resolution From 0.001 dB

Accuracy ± 0.05 dB ± 0.05 dB/dB

Threshold 0.01 to 5.99 dB in 0.01 dB step

Reflectance/ORL measurements Automatic  
or manual

Display resolution 0.01 dB

Threshold -11 to -99 dB in 1 dB step

Storage Bellcore/Telcordia compatible  
Version 1.1 and Version 2.0

### OTDR plug-in technical specifications (typical at 25 °C)

#### Fully compatible with the MTS-5000 and MTS-8000 OTDR plug-ins

	High performance multimode MM	Short range singlemode SR	Medium range singlemode DR	Long range singlemode HD	Very long range singlemode VHD
Central wavelength <sup>(1)</sup>	850/1300 nm ± 20 nm	1310/1550 nm ± 20 nm	1310/1550 nm ± 20 nm	1310/1550/1625 nm ± 20 nm ± 10 nm for 1625 nm	1310/1550/1625 nm ± 20 nm ± 10 nm for 1625 nm
Laser safety class (21 CFR)	Class 1	Class 1	Class 1	Class 1	Class 1
Pulse width	3 ns to 200 ns	10 ns to 10 µs	5 ns to 10 µs	10 ns to 20 µs	10 ns to 20 µs
Distance range	Up to 80 km	Up to 260 km	Up to 260 km	Up to 380 km	Up to 380 km
RMS dynamic range <sup>(2)</sup>	25 dB/23 dB	35 dB/33 dB	37 dB/35 dB	42 dB/40 dB/40 dB	44 dB/44 dB/44 dB
Event dead zone <sup>(3)</sup>	1.5 m	3 m	1 m	3 m	3 m
Attenuation dead zone <sup>(4)</sup>	5 m	15 m	8 m	15 m	20 m

(1) Central wavelength: Laser at 25 °C and measured at 10 µs for singlemode and 50 ns for multimode.

(2) RMS dynamic range: The one way difference between the extrapolated backscattering level at the start of the fiber and the RMS noise level, after 3 minutes averaging.

(3) Event dead zone: Measured at ± 1.5 dB down from the peak of an unsaturated reflective event.

(4) Attenuation dead zone: Measured at ± 0.5 dB from the linear regression using a FC/PC type reflectance.

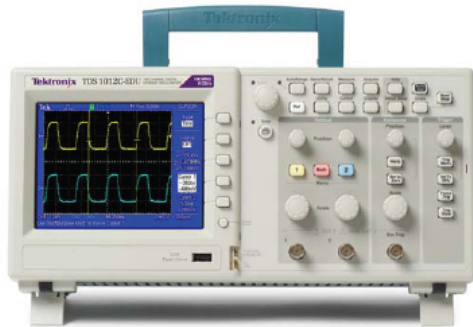
Fuente: [http://exfiber.com/uploadfile/pdf/JDSU\\_MTS-8000\\_OTDR.pdf](http://exfiber.com/uploadfile/pdf/JDSU_MTS-8000_OTDR.pdf)



## Osciloscopio: Tektronix TDS 1012C-EDU

# Digital Storage Oscilloscopes

## TDS1000C-EDU Series Data Sheet



### Features & Benefits

#### Key Performance Specifications

- 100 MHz, 60 MHz, 40 MHz Bandwidth Models
- 2 Channels
- Up to 1 GS/s Sample Rate on All Channels
- 2.5k Point Record Length on All Channels
- Advanced Triggers including Pulse Width Trigger and Line-selectable Video Trigger

#### Ease-of-Use Features

- 16 Automated Measurements, and FFT Analysis for Simplified Waveform Analysis
- Autoset and Signal Auto-ranging
- Probe Check Wizard
- 11-Language User Interface and Context-sensitive Help
- 5.7 in. (144 mm) Active TFT Color Display
- Small Footprint and Lightweight – Only 4.9 in. (124 mm) Deep and 4.4 lb. (2 kg)

#### Connectivity

- USB 2.0 Host Port on the Front Panel for Quick and Easy Data Storage
- USB 2.0 Device Port on Rear Panel for Easy Connection to a PC or Direct Printing to a PictBridge®-compatible Printer

#### 3-year Warranty

### Performance You Need at a Price You Can Afford

The TDS1000C-EDU Digital Oscilloscope Series is designed specifically to meet the needs of today's schools and universities. Packed with features and built-in tools, the TDS1000C-EDU is easy to learn and simple to operate – ideal for first-time oscilloscope users and students. Featuring the same user interface as other members of the Tektronix TDS Oscilloscope Family, your students will learn to operate the world's most popular oscilloscope platform, with over 500,000 oscilloscopes in operation worldwide.

To simplify integration with your existing curriculum, the TDS1000C-EDU also includes an Education Resource CD filled with tools to help your students master the use of an oscilloscope. The TDS1000C-EDU offers the tools and performance you need at a price you can afford.

## Characteristics

### TDS1000C-EDU Series Digital Storage Oscilloscopes

Characteristic	TDS1001C-EDU	TDS1002C-EDU	TDS1012C-EDU
Display (QVGA)	Color TFT	Color TFT	Color TFT
Bandwidth*	40 MHz	60 MHz	100 MHz
Channels	2	2	2
External Trigger Input	Included on all models		
Sample Rate on each Channel	500 MS/s	1.0 GS/s	1.0 GS/s
Record Length	2.5k points at all time bases on all models		
Vertical Resolution	8 bits		
Vertical Sensitivity	2 mV to 5 V/div on all models with calibrated fine adjustment		
DC Vertical Accuracy	±3% on all models		
Vertical Zoom	Vertically expand or compress a live or stopped waveform		
Maximum Input Voltage	300 V <sub>RMS</sub> CAT II; derated at 20 dB/decade above 100 kHz to 13 V <sub>PEAK</sub> AC at 3 MHz		
Position Range	2 mV to 200 mV/div +2 V; >200 mV to 5 V/div +50 V		
Bandwidth Limit	20 MHz for all models		
Input Coupling	AC, DC, GND on all models		
Input Impedance	1 MΩ in parallel with 20 pF		
Time Base Range	5 ns to 50 s/div	5 ns to 50 s/div	5 ns to 50 s/div
Time Base Accuracy	50 ppm		
Horizontal Zoom	Horizontally expand or compress a live or stopped waveform		

\*1 Bandwidth is 20 MHz at 2 mV/div, all models.

Characteristic	TDS1001C-EDU	TDS1002C-EDU	TDS1012C-EDU
<b>I/O Interfaces</b>			
USB Ports	Included on all models: 2 USB 2.0 ports USB host port on front panel supports USB flash drives USB device port on back of instrument supports connection to PC and all PictBridge-compatible printers		
GPiB	Optional		
<b>Nonvolatile Storage</b>			
Reference Waveform Display	(2) 2.5k point reference waveforms		
Waveform Storage without USB Flash Drive	(2) 2.5k point	(2) 2.5k point	(2) 2.5k point
Waveform Storage with USB Flash Drive	96 or more reference waveforms per 8 MB		
Setups without USB Flash Drive	10 front-panel setups		
Setups with USB Flash Drive	4000 or more front-panel setups per 8 MB		
Screen Images with USB Flash Drive	128 or more screen images per 8 MB (the number of images depends on file format selected)		
Save All with USB Flash Drive	12 or more Save All operations per 8 MB A single Save All operation creates 3 to 9 files (setup, image, plus one file for each displayed waveform)		

## Acquisition Modes

Characteristic	Description
Peak Detect	High-frequency and random glitch capture. Captures glitches as narrow as 12 ns (typical) using acquisition hardware at all time-base settings from 5 μs/div to 50 s/div
Sample	Sample data only
Average	Waveform averaged, selectable: 4, 16, 64, 128
Single Sequence	Use the Single Sequence button to capture a single triggered acquisition sequence at a time
Roll Mode	At acquisition time base settings of >100 ms/div

## Trigger System

Characteristic	Description
Trigger Modes	Auto, Normal, Single Sequence

## Trigger Types

Characteristic	Description
Edge (Rising/Falling)	Conventional level-driven trigger. Positive or negative slope on any channel. Coupling selections: AC, DC, Noise Reject, HF Reject, LF Reject
Video	Trigger on all lines or individual lines, odd/even or all fields from composite video, or broadcast standards (NTSC, PAL, SECAM)
Pulse Width (or Glitch)	Trigger on a pulse width less than, greater than, equal to, or not equal to, a selectable time limit ranging from 33 ns to 10 s

## Trigger Source

CH1, CH2, Ext, Ext/5, AC Line.

## Trigger View

Displays trigger signal while trigger view button is depressed.

## Trigger Signal Frequency Readout

Provides a frequency readout of the trigger source.

## Cursors

Characteristic	Description
Types	Amplitude, Time
Measurements	[Δ]T, 1[Δ]T (frequency), [Δ]V

## Automatic Waveform Measurements

Period, Frequency, +Width, -Width, Rise Time, Fall Time, Max, Min, Peak-to-Peak, Mean, Cycle RMS, RMS, Cursor RMS, Duty Cycle, Phase, Delay.

## Waveform Math

Characteristic	Description
Operators	Add, Subtract, Multiply, FFT
FFT	Windows, Hanning, Flat Top, Rectangular, 2048 sample points
Sources	CH1 - CH2, CH2 - CH1, CH1 + CH2, CH1 × CH2

## Autoset Menu

Single-button, automatic setup of all channels for vertical, horizontal, and trigger systems, with undo Autoset.

Signal Type	Autoset Menu Choices
Square Wave	Single-cycle, Multi-cycle, Rising or Falling Edge
Sine Wave	Single-cycle, Multi-cycle, FFT Spectrum
Video (NTSC, PAL, SECAM)	Field: All, Odd, or Even Line: All or Selectable Line Number

## Autorange

Automatically adjust vertical and/or horizontal oscilloscope settings when probe is moved from point to point, or when the signal exhibits large changes.

## Display Characteristics

Characteristic	Description
Display	QVGA color TFT
Interpolation	Sin (x)/x
Display Types	Dots, vectors
Persistence	Off, 1 s, 2 s, 5 s, infinite
Format	YT and XY

## Environmental

Characteristic	Description
Temperature	
Operating	0 °C to +50 °C
Nonoperating	-40 °C to +71 °C
Humidity	
Operating and Nonoperating	Up to 80% RH at or below +40 °C. Up to 45% RH up to +50 °C

## Regulatory

Characteristic	Description
Electromagnetic Compatibility	Meets EMC Directive 2004/108/EC, meets EN61326 Class A, meets Australian EMC Framework
Safety	UL61010-1:2004 CSA, C22.2 No. 61010-1:2004, EN61010-1:2001, IEC61010-1:2001. EU Low Voltage Directive 2006/95/EC

## Physical Characteristics

Instrument		
Dimension	mm	in.
Height	158.0	6.2
Width	326.3	12.8
Depth	124.2	4.9
Weight	kg	lb.
Instrument Only	2.0	4.4
with Accessories	2.2	4.9
Instrument Shipping		
Package Dimensions	mm	in.
Height	266.7	10.5
Width	476.2	18.7
Depth	228.6	9.0
RM2000B Rackmount	mm	in.
Height	482.6	19.0
Width	177.8	7.0
Depth	108.0	4.3

## Ordering Information

Model	Description
TDS1001C-EDU	40 MHz, 2 Ch, 500 MS/s, Color Digital Storage Oscilloscope
TDS1002C-EDU	60 MHz, 2 Ch, 1 GS/s, Color Digital Storage Oscilloscope
TDS1012C-EDU	100 MHz, 2 Ch, 1 GS/s, Color Digital Storage Oscilloscope

## Standard Accessories

Accessory	Description
TPP0101	Two (2) 100 MHz 10X passive probes
Power Cord	(Please specify plug option)
NIM/NIST	Traceable Certificate of Calibration
Documentation	(Please specify preferred language option)
Educator Classroom and Lab Resource CD	Contains lab experiments for oscilloscopes and probes, and XYZs of Oscilloscopes and ABCs of Probes Primers
OpenChoice® PC Communications Software	Enables fast and easy communication between a Windows PC and the TDS1000C-EDU Series through USB. Transfer and save settings, waveforms, measurements, and screen images
3-year Warranty	Covering labor and parts for defects in materials and workmanship for a minimum of 3 years, excluding probes and accessories*2

\*2 Probes and accessories are not covered by the oscilloscope warranty and Service Offerings. Refer to the data sheet of each probe and accessory model for its unique warranty and calibration terms.

## Recommended Accessories

Accessory	Description
TEK-USB-488	GPIO to USB converter
AC2100	Soft Carrying Case for Instrument
HCTEK4321	Hard Plastic Carrying Case for Instrument (requires AC2100)
RM2000B	Rackmount Kit
077-0444-xx	Programmer Manual – English Only
077-0446-xx	Service Manual – English Only
174-4401-00	USB host to device cable, 3 feet long

## Power Plug Options

Option	Description
A0	North America power
A1	Universal Euro power
A2	United Kingdom power
A3	Australia power
A5	Switzerland power
A6	Japan power
A10	China power
A11	India power
A12	Brazil power
A99	No power cord or AC adapter

Fuente: [http://www.testequipmentdepot.com/tektronix/pdf/tds1000c-edu\\_data.pdf](http://www.testequipmentdepot.com/tektronix/pdf/tds1000c-edu_data.pdf)



INTERNATIONAL TELECOMMUNICATION UNION

**ITU-T**

TELECOMMUNICATION  
STANDARDIZATION SECTOR  
OF ITU

**G.803**

(03/2000)

SERIES G: TRANSMISSION SYSTEMS AND MEDIA,  
DIGITAL SYSTEMS AND NETWORKS

Digital transmission systems – Digital networks – General  
aspects

---

**Architecture of transport networks based on the  
synchronous digital hierarchy (SDH)**

## **8 Architecture of synchronization networks**

### **8.1 Introduction**

This clause describes architectural aspects of the distribution of timing information within a SDH network. It focuses on the need for SDH clocks to be traceable to a Primary Reference Clock (PRC) and have good short-term stability performance in order to comply with the generic slip rate objectives in ITU-T Recommendation G.822.

It is further explained that, provided the SDH clock meets the short-term stability mask, there are no practical limitations to the number of pointer processing elements that can be cascaded in a SDH network to comply with the payload output jitter requirements at a SDH/PDH boundary.

Evolutionary scenarios are presented to identify how SDH network synchronization can be integrated with the existing synchronization network.

Appendix III provides additional guidance on the subject of network synchronization with the focus on the practical engineering aspects.

### **8.2 Synchronization network aspects**

#### **8.2.1 Synchronization methods**

There are two fundamental methods of synchronizing nodal clocks. These are identified in ITU-T Recommendation G.810:

- master-slave synchronization;
- mutual synchronization.

Master-slave synchronization is appropriate for synchronizing SDH networks and the following material offers guidance on using this method. The feasibility of employing mutual synchronization is left for further study.

Master-slave synchronization uses a hierarchy of clocks in which each level of the hierarchy is synchronized with reference to a higher level, the highest level being the PRC. Clock reference signals are distributed between levels of the hierarchy via a distribution network which may use the facilities of the transport network. The hierarchical levels are shown below:

- PRC G.811.
- Slave clock (transit node) G.812.
- Slave clock (local node) G.812.
- SDH network element clock G.813.

The distribution of timing between hierarchical node clocks must be done by a method which avoids intermediate pointer processing. Two possible methods are as follows:

- 1) Recover timing from a received STM-N signal. This avoids the unpredictable effect of a pointer adjustment on the downstream slave clock. The exact technique to adopt is for further study.
- 2) Derive timing from a synchronization trail that is not supported by a SDH network.

The master-slave method uses a single-ended synchronization technique with the slave clock determining the synchronization trail to be used as its reference and changing to an alternative if the original trail fails. This is a unilateral control scheme.

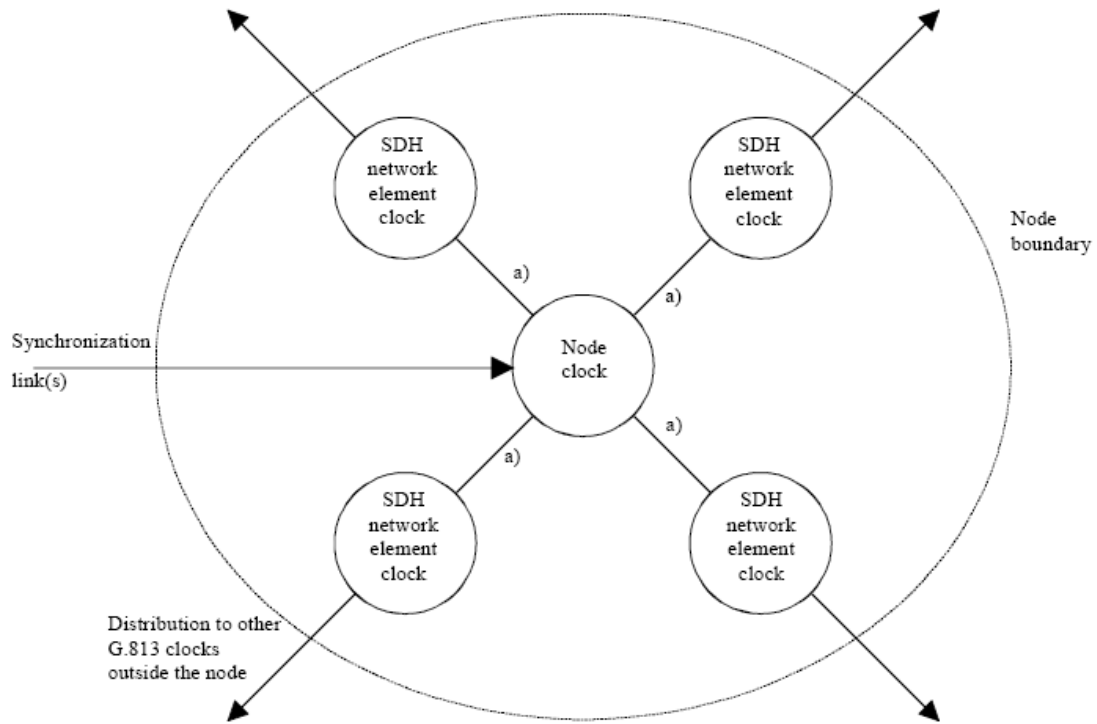
### **8.2.2 Synchronization network architecture**

The architecture employed in SDH requires the timing of all network element clocks to be traceable to a PRC which is compliant with ITU-T Recommendation G.811. The discussion below details the target architecture for SDH network synchronization. Evolutionary aspects are discussed in 8.2.6.

The distribution of synchronization can be categorized into intra-station within stations containing a G.812 level clock and inter-station as follows:

- a) Intra-station distribution within stations containing a G.812 level clock conforms to a logical star topology. All lower level network element clocks within a station boundary derive timing from the highest hierarchical level in the station. Only the clock of the highest hierarchical level in the station will recover timing from synchronization links from other stations. Timing is distributed from network elements within the boundary to network elements beyond the boundary via the SDH transmission medium. The relationship between clocks within a station is shown in Figure 8-1.
- b) Inter-station distribution conforms to a tree-like topology and enables all the stations in the SDH network to be synchronized. The hierarchical relationship between clocks is shown in Figure 8-2. With this architecture, it is important for the correct operation of the synchronization network that clocks of lower hierarchical level only accept timing from clocks of the same or higher hierarchical level and that timing loops are avoided. To ensure that this relationship is preserved, the distribution network must be designed so that, even under fault conditions, only valid higher level references are presented to hierarchical clocks.

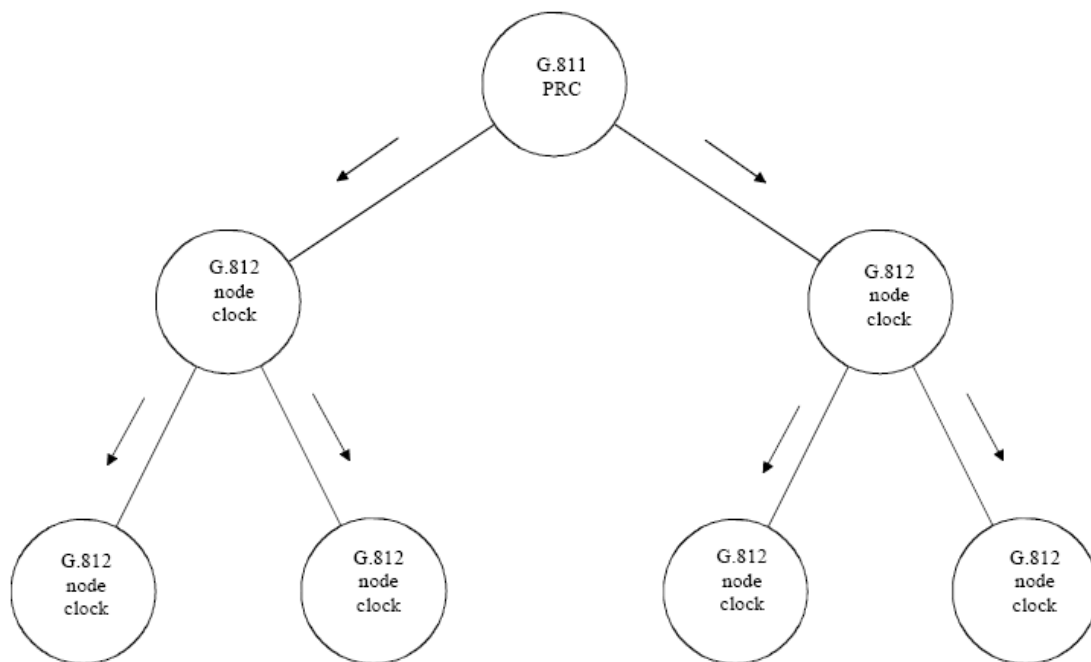
Clocks of a lower hierarchical level must have a capture range sufficiently wide to ensure they can automatically acquire and lock to the timing signal generated by the same or higher level clock that they are using as a reference.



a) Timing only.

T1810800-02

**Figure 8-1/G.803 – Synchronization network architecture intra-node distribution**



PRC Primary reference clock

T1810800-02

**Figure 8-2/G.803 – Synchronization network architecture inter-node distribution**

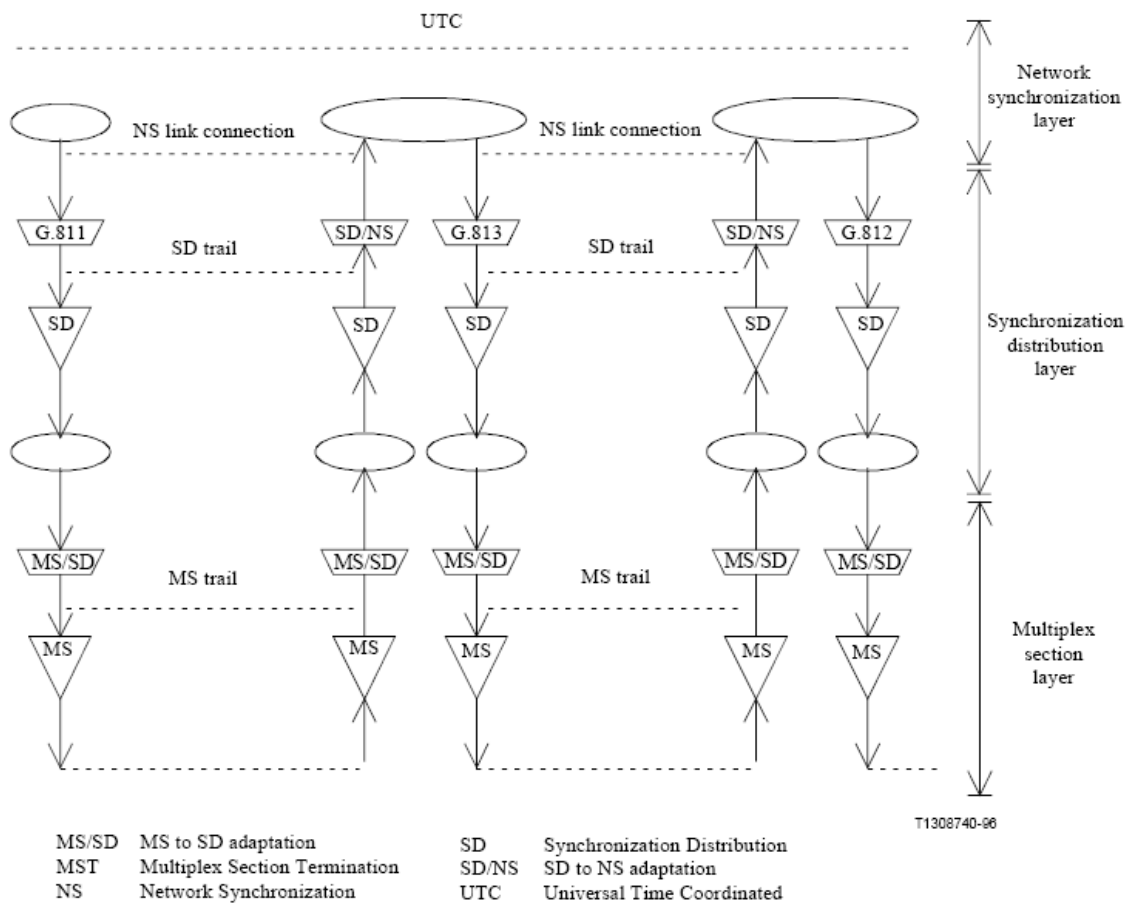
### 8.2.3 Synchronization modes

Four synchronization modes can be identified. These are:

- synchronous;
- pseudo-synchronous;
- plesiochronous;
- asynchronous.

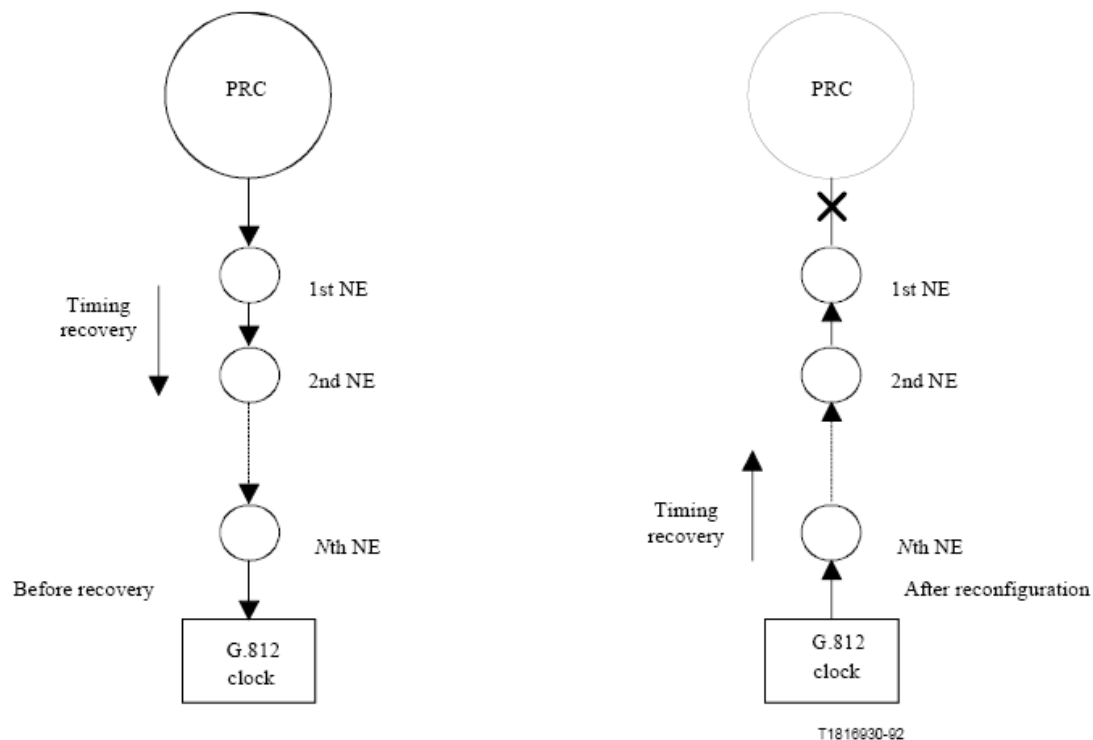
In synchronous mode, all clocks in the network will be traceable to the network PRC. Pointer adjustments will only occur randomly. This is the normal mode of operation within a single operator's domain.

In pseudo-synchronous mode, not all clocks in the network will be traceable to the same PRC. However, each PRC will comply with ITU-T Recommendation G.811 and therefore pointer adjustments will occur at the synchronization boundary network element. This is the normal mode of operation for the international and inter-operator network.



**Figure 8-3/G.803 – Example of synchronization distribution showing the synchronization layers**





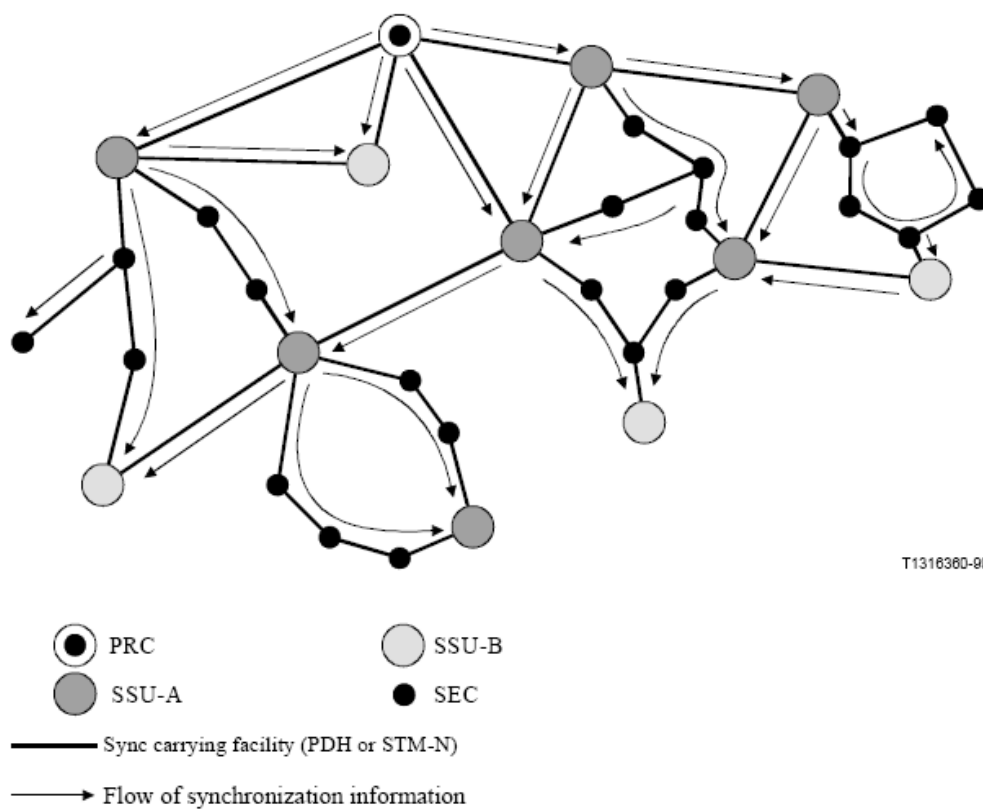
**Figure 8-6/G.803 – Reconfiguration example**

#### **III.4 Analysis of synchronization networks**

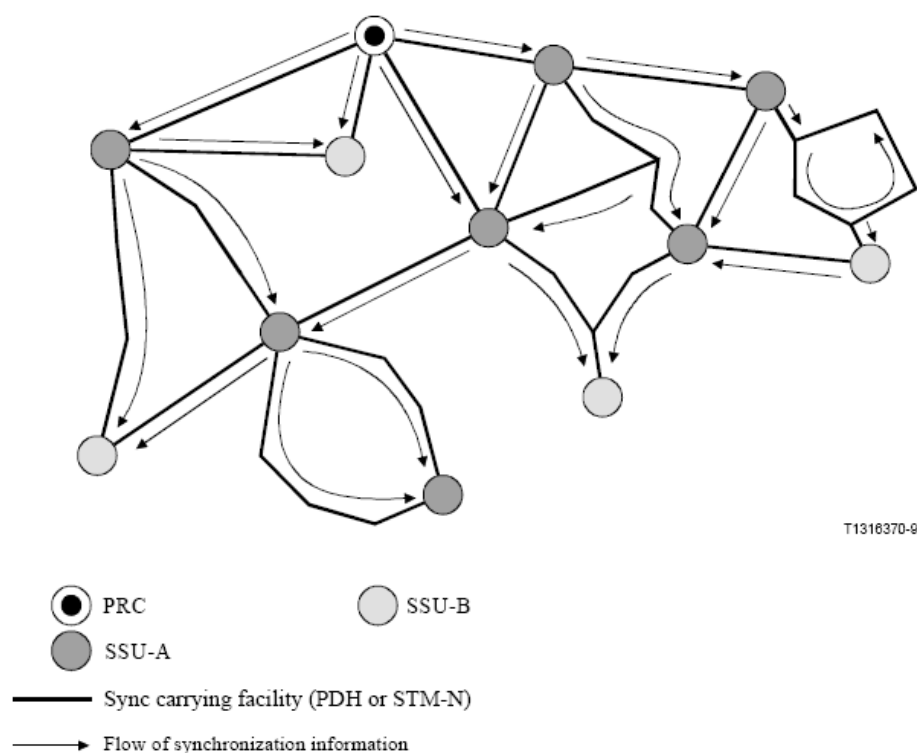
To simplify the process of engineering the synchronization network in a certain synchronization area, it is suggested to define several stages, which can be handled in order, one at a time:

- 1) Engineer the synchronization network considering only PRCs and SSUs (the "SSU-Level") in a synchronization area.
- 2) Engineer the synchronization network considering only SECs (the "SEC-Level") in a synchronization area.
- 3) Engineer the intra-office synchronization of each office. This stage is not further discussed in this appendix. See clause 8 for more information.

In the first stage the "SSU-Level" is considered. The SSU-Level of the synchronization network consists of the PRCs and SSUs in a synchronization area plus all transport facilities that are active or stand-by carriers for synchronization information between these clocks. The transport facilities between the PRCs and SSUs are considered transparent for the timing information in the SSU-Level view. The resulting network contains only the SSUs and PRCs of the synchronization area. Figures III.1a and III.1b present an example where the SSU-Level is constructed from the complete synchronization network.

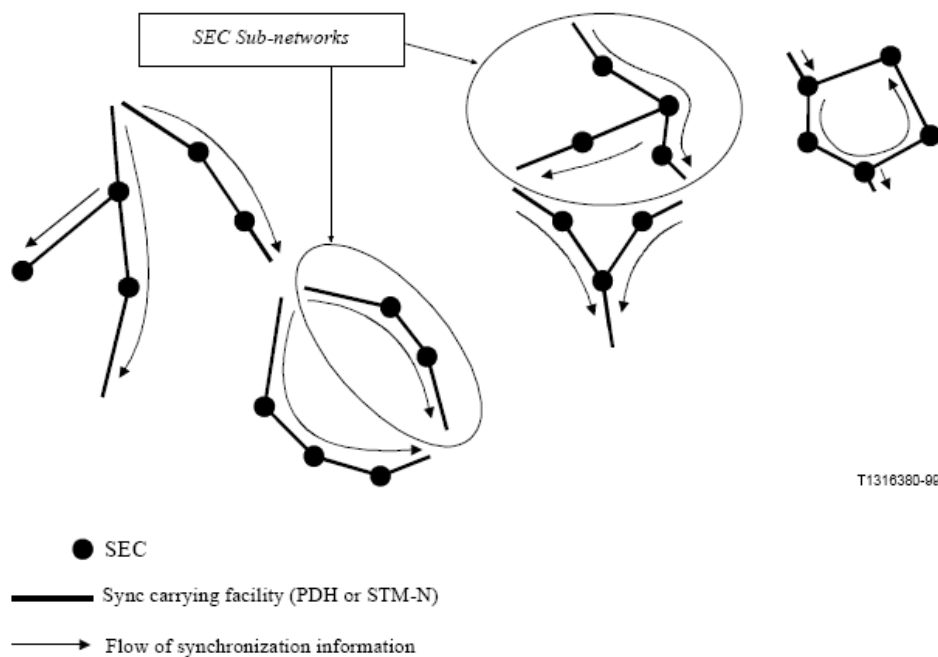


**Figure III.1a/G.803 – Synchronization network map in a synchronization area (example)**



**Figure III.1b/G.803 – SSU-Level constructed from Figure III.1a/G.803**

In the second stage the "SEC-Level" is considered. The SEC-Level part of the synchronization network can be constructed by considering all SSUs (and PRCs) as "no-pass" filters, i.e. barriers for synchronization information. The result is that the SEC-Level consists of a number of unconnected "SEC subnetworks", each consisting of SECs connected by STM-N connections. These SEC subnetworks can be engineered separately. See Figure III.1c for an example.



**Figure III.1c/G.803 – SEC-Level with SEC subnetworks constructed from Figure III.1a/G.803**

Fuente: [https://www.itu.int/rec/dologin\\_pub.asp?lang=e&id=T-REC-G.803-200003-I!!PDF-E&type=items](https://www.itu.int/rec/dologin_pub.asp?lang=e&id=T-REC-G.803-200003-I!!PDF-E&type=items)



INTERNATIONAL TELECOMMUNICATION UNION

**ITU-T**

TELECOMMUNICATION  
STANDARDIZATION SECTOR  
OF ITU

**G.811**  
(09/97)

SERIES G: TRANSMISSION SYSTEMS AND MEDIA,  
DIGITAL SYSTEMS AND NETWORKS

Digital transmission systems – Digital networks – Design  
objectives for digital networks

---

**Timing characteristics of primary reference  
clocks**

## 5 Frequency accuracy

The maximum allowable fractional frequency offset for observation times greater than one week is 1 part in  $10^{11}$ , over all applicable operational conditions.

## 6 Noise generation

The noise generation of a PRC clock represents the amount of phase noise produced at its output. A suitable reference, for practical testing purposes, implies a performance level that is more stable than the output requirements. The ability of the clock to limit this noise is described by its frequency stability. The measures MTIE and Time Deviation (TDEV) are useful for characterization of noise generation performance.

MTIE and TDEV are measured through an equivalent 10 Hz, first-order, low-pass measurement filter, at a maximum sampling time  $\tau_0$  of 1/30 seconds. The minimum measurement period for TDEV is twelve times the integration period ( $T = 12\tau$ ). For measurements over longer observation periods, alternative filter bandwidth and sampling time may be required for practical considerations.

### 6.1 Wander

The wander, expressed in MTIE, measured using the independent clock configuration defined in Figure 2a/G.810 should have the following limits:

$$\begin{array}{llll} \text{MTIE:} & 0.275 \times 10^{-3}\tau + 0.025 \mu\text{s} & \text{for} & 0.1 < \tau \leq 1000 \text{ s} \\ & 10^{-5}\tau + 0.29 \mu\text{s} & \text{for} & \tau > 1000 \text{ s} \end{array}$$

The resultant requirements are shown in Figure 1.

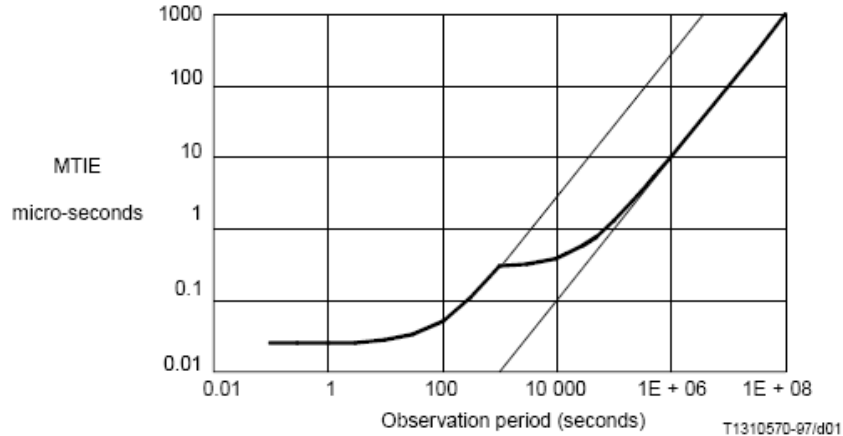
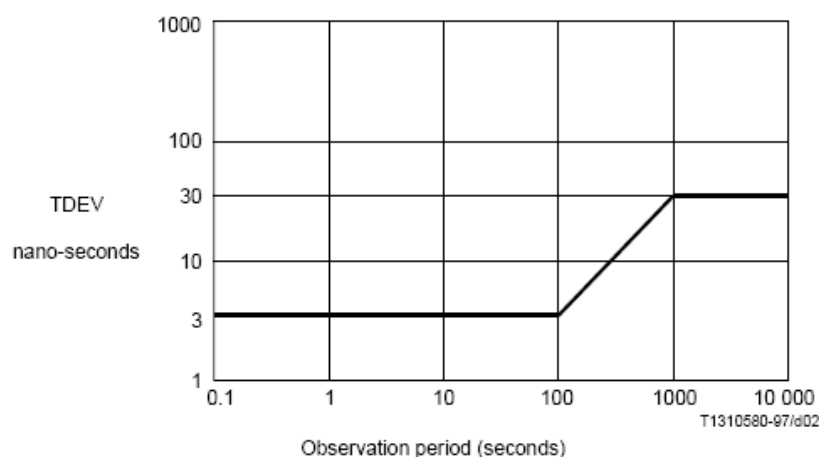


Figure 1/G.811 – MTIE as a function of an observation (integration) period  $\tau$

The wander, expressed in TDEV, measured using the independent clock configuration defined in Figure 2a/G.810 should have the following limits:

<b>TDEV:</b>	3 ns	for	$0.1 < \tau \leq 100$ s
	$0.03 \tau$ ns	for	$100 < \tau \leq 1000$ s
	30 ns	for	$1000 < \tau < 10\,000$ s

The resultant requirements are shown in Figure 2.



**Figure 2/G.811 – TDEV as a function of an observation (integration) period  $\tau$**

## 6.2 Jitter

While most specifications in this Recommendation are independent of the output interface at which they are measured, this is not the case for jitter production; jitter generation specifications must utilize existing specifications that are currently specified differently for different interface rates. These requirements are stated separately for the interfaces identified in clause 8. To be consistent with other jitter requirements, the specifications are in UIpp, where the UI corresponds to the reciprocal of the bit rate of the interface.

The intrinsic jitter at 2048 kHz and 2048 kbit/s output interfaces as measured over a 60-second interval shall not exceed 0.05 UIpp when measured through a single pole band-pass filter with corner frequencies at 20 Hz and 100 kHz.

The intrinsic jitter at 1544 kbit/s output interfaces as measured over a 60-second interval shall not exceed 0.015 UIpp when measured through a single pole band-pass filter with corner frequencies at 10 Hz and 40 kHz.

Fuente: [https://www.itu.int/rec/dologin\\_pub.asp?lang=e&id=T-REC-G.811-199709-1!!PDF-E&type=items](https://www.itu.int/rec/dologin_pub.asp?lang=e&id=T-REC-G.811-199709-1!!PDF-E&type=items)



INTERNATIONAL TELECOMMUNICATION UNION

**ITU-T**

TELECOMMUNICATION  
STANDARDIZATION SECTOR  
OF ITU

**G.813**

(03/2003)

SERIES G: TRANSMISSION SYSTEMS AND MEDIA,  
DIGITAL SYSTEMS AND NETWORKS

Digital networks – Design objectives for digital networks

---

**Timing characteristics of SDH equipment slave  
clocks (SEC)**

## 7.1 Wander in locked mode

### a) Option 1

When the SEC is in the locked mode of operation, the MTIE measured using the synchronized clock configuration defined in Figure 1a/G.810 should have the limits in Table 1, if the temperature is constant (within  $\pm 1^\circ\text{K}$ ):

**Table 1/G.813 – Wander generation (MTIE)  
for Option 1 with constant temperature**

MTIE limit	Observation interval $\tau$
40 ns	$0.1 < \tau \leq 1$ s
$40\tau^{0.1}$ ns	$1 < \tau \leq 100$ s
$25.25\tau^{0.2}$ ns	$100 < \tau \leq 1000$ s

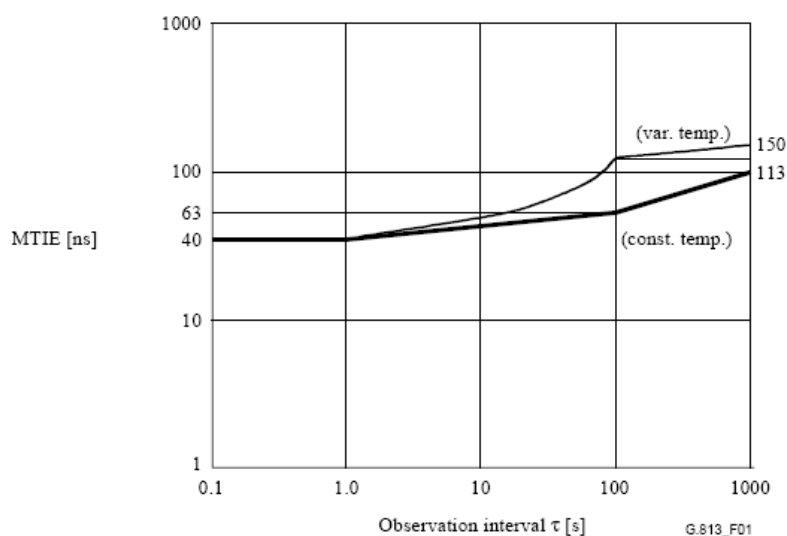
The resultant requirement is shown by the thick solid line in Figure 1.

When temperature effects are included, the allowance for the total MTIE contribution of a single SEC increases by the values in Table 2.

**Table 2/G.813 – Additional wander generation (MTIE)  
for Option 1 with temperature effects**

Additional MTIE allowance	Observation interval $\tau$
$0.5 \tau$ ns	$\tau \leq 100$ s
50 ns	$\tau > 100$ s

The resultant requirements are shown by the thin solid line in Figure 1.



**Figure 1/G.813 – Wander generation (MTIE) for Option 1**

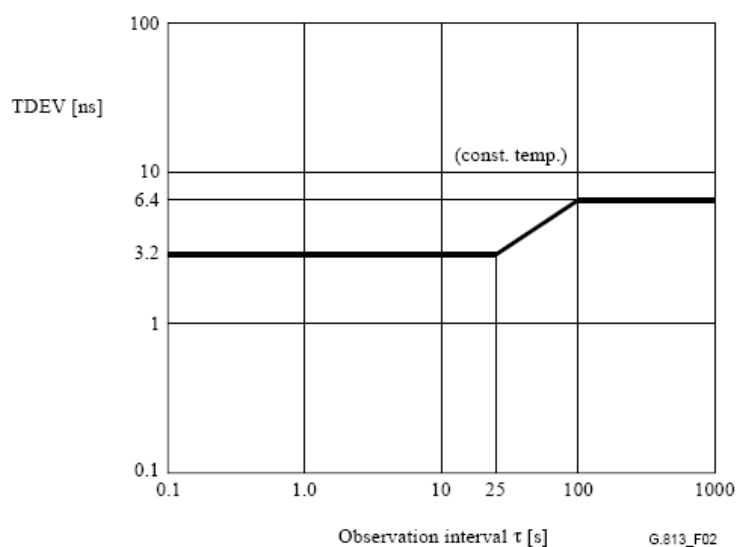


When the SEC is in the locked mode of operation, the TDEV measured using the synchronized clock configuration defined in Figure 1a/G.810 should have the limits in Table 3, if the temperature is constant (within  $\pm 1^\circ\text{K}$ ):

**Table 3/G.813 – Wander generation (TDEV)  
for Option 1 with constant temperature**

TDEV limit	Observation interval $\tau$
3.2 ns	$0.1 < \tau \leq 25$ s
$0.64 \tau^{0.5}$ ns	$25 < \tau \leq 100$ s
6.4 ns	$100 < \tau \leq 1000$ s

The resultant requirements are shown in Figure 2.



**Figure 2/G.813 – Wander generation (TDEV)  
for Option 1 with constant temperature**

Fuente: [https://www.itu.int/rec/dologin\\_pub.asp?lang=e&id=T-REC-G.813-200303-I!!PDF-E&type=items](https://www.itu.int/rec/dologin_pub.asp?lang=e&id=T-REC-G.813-200303-I!!PDF-E&type=items)



INTERNATIONAL TELECOMMUNICATION UNION

**ITU-T**

TELECOMMUNICATION  
STANDARDIZATION SECTOR  
OF ITU

**G.812**

(06/2004)

SERIES G: TRANSMISSION SYSTEMS AND MEDIA,  
DIGITAL SYSTEMS AND NETWORKS

Digital networks – Design objectives for digital networks

---

**Timing requirements of slave clocks suitable for  
use as node clocks in synchronization networks**

## 6 Frequency accuracy

Under prolonged hold-over conditions, the output frequency accuracy of the different Types of node clocks should not exceed the values in Table 1 with regard to a reference traceable to a primary reference clock, over a time period T as reported in the same Table.

**Table 1/G.812 – Output frequency accuracy requirements**

	Type I	Type II	Type III
Accuracy	NA	$1.6 \times 10^{-8}$	$4.6 \times 10^{-6}$
Period T	NA	1 year	1 year
NA Not applicable			
NOTE – The time period T applies after 30 days of continuous synchronized operation.			

## 7 Pull-in, hold-in, and pull-out ranges

The minimum pull-in, hold-in and pull-out ranges for the different Types of node clocks should be according to Table 2, whatever the internal oscillator frequency offset may be.

**Table 2/G.812 – Pull-in, hold-in, and pull-out requirements**

	Type I	Type II	Type III
Pull-in	$1 \times 10^{-8}$	$1.6 \times 10^{-8}$	$4.6 \times 10^{-6}$
Hold-in	NA	$1.6 \times 10^{-8}$	$4.6 \times 10^{-6}$
Pull-out	TBD	NA	NA
NA Not applicable			
TBD To be defined			

## 8 Noise generation

The noise generation of a slave clock represents the amount of phase noise produced at the output when there is an ideal input reference signal or the clock is in hold-over state (see 11.2). A suitable reference, for practical testing purposes, implies a performance level at least 10 times more stable than the output requirements. The ability of the clock to limit this noise is described by its

frequency stability. The measures MTIE and Time Deviation (TDEV) are useful for characterization of noise generation performance.

MTIE and TDEV are measured through an equivalent 10 Hz, first-order, low-pass measurement filter, at a maximum sampling time  $\tau_0$  of 1/30 second. The minimum measurement period for TDEV is twelve times the integration period ( $T = 12 \tau$ ).

### 8.1 Wander in locked mode

When the slave clock is in the locked mode of operation, the MTIE at constant temperature (within  $\pm 1$  K) measured using the synchronized clock configuration defined in Figure 1-a/G.810 should have the limits in Tables 3 and 4 for the different Types of node clocks.

**Table 3/G.812 – Wander generation (MTIE) for Type I node clock at constant temperature (within  $\pm 1$  K)**

MTIE limit (ns)	Observation interval $\tau$ (s)
24	$0.1 < \tau \leq 9$
$8 \times \tau^{0.5}$	$9 < \tau \leq 400$
160	$400 < \tau \leq 10\,000$

**Table 4/G.812 – Wander generation (MTIE) for Types II and III node clocks at constant temperature (within  $\pm 1$  K)**

MTIE limit (ns)	Observation interval $\tau$ (s)
40	$0.1 < \tau \leq 1$
$40 \times \tau^{0.4}$	$1 < \tau \leq 10$
100	$\tau > 10$

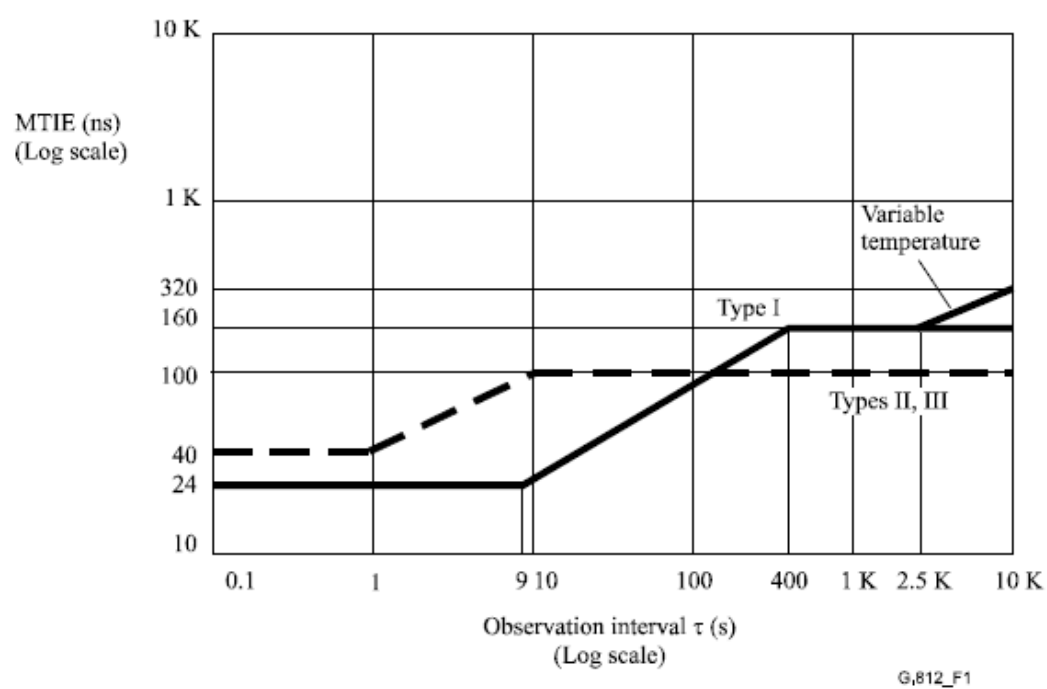
When temperature effects are included of which the limits and rate of change are to be defined, the allowance for the total MTIE contribution of a single Type I node clock is given by the values in Table 5.

**Table 5/G.812 – Total wander generation (MTIE) for Type I node clock for variable temperature**

MTIE limit (ns)	Observation interval $\tau$ (s)
$3.2 \tau^{0.5}$	$2500 < \tau \leq 10\,000$

NOTE – For observation periods greater than 10 000 s, the MTIE is expected not to exceed 1  $\mu$ s.

The resultant requirements are shown in Figure 1.



**Figure 1/G.812 – Wander generation (MTIE)**

Fuente: [https://www.itu.int/rec/dologin\\_pub.asp?lang=e&id=T-REC-G.823-200003-I!!PDF-E&type=items](https://www.itu.int/rec/dologin_pub.asp?lang=e&id=T-REC-G.823-200003-I!!PDF-E&type=items)

## 7 Accessibility KPI

### 7.1 RAB Establishment Success Rate

- a) RAB establishment success rate.
- b) This KPI describes the ratio of all successful RAB establishments to RAB establishment attempts for UTRAN network and is used to evaluate service accessibility across UTRAN.
- c) This KPI is obtained by the number of all successful RAB establishments divided by the total number of attempted RAB establishments.

$$d) \text{ RabEstabSR} = \frac{\sum_{type} \left\{ \begin{array}{l} RAB.SuccEstabCSNoQueuing.[type] + \\ RAB.SuccEstabCSQueuing.[type] + \\ RAB.SuccEstabPSNoQueuing.[type] + \\ RAB.SuccEstabPSQueuing.[type] \end{array} \right\}}{\sum_{type} RAB.AttEstabCS.[type] + RAB.AttEstabPS.[type]}$$

type ∈ {Conv, Strm, Intact, Bgrd}

- e) CS:  
RAB.AttEstabCS.Conv, RAB.AttEstabCS.Strm, RAB.AttEstabCS.Intact, RAB.AttEstabCS.Bgrd,  
RAB.SuccEstabCSNoQueuing.Conv, RAB.SuccEstabCSQueuing.Conv,  
RAB.SuccEstabCSNoQueuing.Strm, RAB.SuccEstabCSQueuing.Strm,  
RAB.SuccEstabCSNoQueuing.Intact, RAB.SuccEstabCSQueuing.Intact,  
RAB.SuccEstabCSNoQueuing.Bgrd, RAB.SuccEstabCSQueuing.Bgrd (See in TS 32.405 [2])

PS:  
RAB.AttEstabPS.Conv, RAB.AttEstabPS.Strm, RAB.AttEstabPS.Intact, RAB.AttEstabPS.Bgrd,  
RAB.SuccEstabPSNoQueuing.Conv, RAB.SuccEstabPSQueuing.Conv,  
RAB.SuccEstabPSNoQueuing.Strm, RAB.SuccEstabPSQueuing.Strm,  
RAB.SuccEstabPSNoQueuing.Intact, RAB.SuccEstabPSQueuing.Intact,  
RAB.SuccEstabPSNoQueuing.Bgrd, RAB.SuccEstabPSQueuing.Bgrd. (See in TS 32.405 [2])

- f) UTRAN.
- g) Accessibility.
- h) Percentage.
- i) RATIO.

## 8 Retainability KPI

### 8.1 RAB Abnormal Release Rate

- a) RAB abnormal release rate
- b) This KPI describes the ratio of number of RAB release requests to number of the successful RAB establishments. This KPI reflects service retainability across UTRAN.
- c) This KPI is obtained by the number of RAB release requests divided by the number of successful RAB establishments.

$$d) \quad RARR = 1 - \frac{RAB.RelReqCS.sum + \sum_{cell/RNC} RAB.NbrIuRelReqCS.sum + RAB.RelReqPS.sum + \sum_{cell/RNC} RAB.NbrIuRelReqPS.sum}{\sum_{type} \left\{ \begin{array}{l} RAB.SuccEstabCSNoQueuing.[type] + \\ RAB.SuccEstabCSQueuing.[type] + \\ RAB.SuccEstabPSNoQueuing.[type] + \\ RAB.SuccEstabPSQueuing.[type] \end{array} \right\}}$$

type ∈ {Conv, Strm, Intact, Bgrd}

- e) CS:  
RAB.SuccEstabCSNoQueuing.Conv, RAB.SuccEstabCSNoQueuing.Strm  
RAB.SuccEstabCSNoQueuing.Intact, RAB.SuccEstabCSNoQueuing.Bgrd  
RAB.SuccEstabCSQueuing.Conv, RAB.SuccEstabCSQueuing.Strm  
RAB.SuccEstabCSQueuing.Intact, RAB.SuccEstabCSQueuing.Bgrd  
RAB.RelReqCS.sum, RAB.NbrIuRelReqCS.sum
- PS:  
RAB.SuccEstabPSNoQueuing.Conv, RAB.SuccEstabPSNoQueuing.Strm  
RAB.SuccEstabPSNoQueuing.Intact, RAB.SuccEstabPSNoQueuing.Bgrd  
RAB.SuccEstabPSQueuing.Conv, RAB.SuccEstabPSQueuing.Strm  
RAB.SuccEstabPSQueuing.Intact, RAB.SuccEstabPSQueuing.Bgrd  
RAB.RelReqPS.sum, RAB.NbrIuRelReqPS.sum (See in TS 32.405)  
Note: '.sum' means that sum of possible normal causes for measurements RAB.RelReqCS.sum, RAB.NbrIuRelReqCS.sum, RAB.RelReqPS.sum and RAB.NbrIuRelReqPS.sum.
- f) UTRAN.
- g) Retainability.
- h) Percentage.
- i) RATIO.

## 8.2 GERAN Service Abnormal Release Rate

- a) GERAN service abnormal release rate.
- b) This KPI describes the ratio of mobiles which having successfully accessed the TCH, subsequently suffer an abnormal release, caused by loss of the radio link. This figure is comprised of RF losses on the TCH plus losses during handover.
- c) This KPI is obtained by the number of lost radio links while using a TCH, unsuccessful internal handovers intra-cell, unsuccessful internal handovers with reconnection to old channels and with loss of connection divided by the total number of successful TCH/PDTCH seizures, successful internal handovers intra-cell and successful incoming Internal inter cell handovers.

$$d) \quad GAbnormalRelRate = \frac{\left( \begin{array}{l} nbrOfLostRadioLinksTCH + \\ unsuccInternalHDOsIntraCell + \\ unsuccHDOsWithReconnection + \\ unsuccHDOsWithLossOfConnection \end{array} \right)}{\left( \begin{array}{l} succTCHSeizures + succInternalHDOsIntraCell \\ + succIncomingInternalInterCellHDOs \end{array} \right)}$$

- e)  $\frac{nbrOfLostRadioLinksTCH + unsuccInternalHDOsIntraCell + unsuccHDOsWithReconnection + unsuccHDOsWithLossOfConnection}{succTCHseizures + succInternalHDOsIntraCell + succIncomingInternalInterCellHDOs}$  (See in TS 52.402).
- f) GERAN.
- g) Retainability.
- h) Percentage.
- i) RATIO.

Fuente: ETSI



### Anexo 3

#### Caso de Éxito (Sync Trial results)

Antes de una correcta sincronización de BTS/NodeB



Después de una correcta sincronización de las BTS/NodeB



Criterio

Scores	Quality	Impairment
5	Excellent	Imperceptible
4	Good	Perceptible, but not annoying
3	Fair	Slightly annoying
2	Poor	Annoying
1	Bad	Very annoying, unwatchable

Mean opinion score (MOS) is a test used in telephony networks to obtain the human user's view of the quality of the network

Fuente: Microsemi